



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Konseptstudie



Sikringstiltak Sukkertoppen og Vannledningsdalen

Plandato: 15.03.2018	Saksnr.: 201706702 - 17
Revidert:	Vassdragsnr.:
Kommune: Longyearbyen	NVE Region Nord
Fylke: Svalbard	Postboks 394, 8505 NARVIK
Inngrepsnr.:	Tlf.: 095 75 Faks:

		Sikringstiltak Sukkertoppen og Vannledningsdalen	
Saksbehandler:	Jeanette Gundersen/Ingeborg Johnsen	Adm.enhet: RN	Sign.:
Ansvarlig:	Knut Aune Hoseth	Adm.enhet: RN	Sign.:
Saksnr: 201706702 - 17	Arkiv:	Kommune: Longyearbyen	Fylke: Svalbard

Oppsummering og faglige anbefalinger av mulige sikringstiltak

NVE kommer i denne konseptstudien med faglige anbefalinger om sikringstiltak mot sørpeskred fra Vannledningsdalen, og mot snøskred fra Sukkertoppen.

Sukkertoppen

I følge NVEs vurderinger i denne konseptstudien kan 37 av husene i Lia sikres mot skred med årlig nominell sannsynlighet på 1/1000 år. Dette ved hjelp av en fangvoll, i kombinasjon med kjepler. Denne øvre vollen har et kostnadsoverslag på 50 millioner kroner.

Over Hilmar Rekstens vei, mellom den øvre vollen og Vannledningsdalen er det vurdert alternative plasseringer av voller. Designskredet 1/1000 har en slik hastighet at det ikke er mulig å bygge en voll som sikrer bebyggelse over Hilmar Rekstens vei mot dette gjentakintervallet. Vi vurderer derimot at det er mulig å bygge en mindre voll rett ovenfor Hilmar Rekstens vei. Kostnadsoverslag for denne løsningen er 10 millioner kroner. Vollen vil kunne ha betydning for ferdsel og opplevelsen av trygghet i sentrumsområdet. Etablering av vollen forutsetter rivning av bebyggelse.

Vannledningsdalen

NVE anbefaler å forhøye eksisterende ledevoll, samt etablere ledevoll på den siden som ikke i dag er sikret. For å redusere skredmasser anbefales det i tillegg å etablere en fordrøyningsdam i løseområdet. Løsningen forutsetter tiltak knyttet til vei 500 og gangbroen Perleporten.

Tiltaket sikrer 34 boenheter og et hotell. Det tilrettelegger også for ny utbygging på Elvesletta. NVE vurderer at kostnader til anbefalte tiltak blir om lag 40 millioner kr.

Kostnader for rivning av bebyggelse, heving av bru, omlegging av gangvei og sikring av eksisterende infrastruktur i tilknytning til vei er ikke medtatt i dette.

Konseptstudiens hensikt:

Anbefaling av sikringstiltak nedenfor Sukkertoppen og langs Vannledningsdalen.

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	4
1.1. Bakgrunn	5
1.2. Grunnforhold og klima.....	6
1.3. Skredfarekartlegging utført i 2016	7
1.4. Nye skredfarevurderinger for Sukkertoppen 2018	8
2. Ulike typer sikringstiltak	11
3. Skredsikring Sukkertoppen	18
3.1. Støtteforbygninger	18
3.2. Fangvoll	19
3.3. Fangvoll i kombinasjon med kjegler.....	20
4. Sørpeskred Vannledningsdalen	21
4.1. Beskrivelse av stedlige forhold	21
4.2. Aktuelle tiltak for bedring av sikkerhet	24
5. Faglige anbefalinger om mulige sikringstiltak	29
5.1. Sukkertoppen	30
5.2. Vannledningsdalen	33
6. Litteraturliste.....	37
Vedlegg	38

1. Innledning

Siden 2013 har NVE gitt bistand til oppfølging av skred og flom på Svalbard. Vi har i denne perioden bidratt med kartlegging, varsling, arealplanoppfølging, sikring og beredskapshåndtering av hendelser. Longyearbyen opplevde i 2015 og i 2017 to alvorlige skredhendelser, hvor den ene medførte tap av to menneskeliv. Hendelsene og konsekvensene av disse medførte et økt fokus på natur- og skredfare.

NVE bistår Longyearbyen Lokalstyre (LL) gjennom denne konseptstudien med faglige anbefalinger om mulige fysiske sikringstiltak i Vannledningsdalen som er utsatt for sørpeskred, og for boligområdet under Sukkertoppen i Longyearbyen sentrum som er utsatt for snøskred.

Figur 1 viser områdene ved og under Sukkertoppen. NVE utfører sikring i Lia over spisshus (1), denne sikringen består av snøsamleskjermer, støtteforbygninger, en kanal og en fangvoll. Fangvollen sees i sammenheng med mulig sikring mot skred fra Sukkertoppen (2). Vannledningsdalen er vist som nr. 3. NVE utfører også sikring langs Longyearelva (4). Dette dokumentet omhandler i hovedsak vurderinger knyttet til Sukkertoppen (2) og Vannledningsdalen (3).



Figur 1: Oversiktsbilde over Longyearbyen sentrum sett mot Sukkertoppen og Vannledningsdalen. 1. Spisshusene som sikres i 2018. 2. Sukkertoppen, og boligområdet Lia. 3. Vannledningsdalen 4. Longyearelva

Etablering av sikringstiltak forutsetter planmessige avklaringer og LL har meldt oppstart på *Delplan for Lia og Vannledningsdalen* som ventes vedtatt i januar 2019. Planprosessen er relevant for de lokalpolitiske vurderingene av bebyggelsen som ikke kan sikres. Delplanen utarbeides parallelt med NVEs prosess knyttet til dimensjonering og prosjektering av sikringstiltak.



I dette kapittelet gis en fremstilling av relevante hendelser for prosessen med sikring av Sukkertoppen, samt andre forhold som er relevant for begge områdene. Kapittel 2 er en gjennomgang av ulike sikringsmetoder mot snøskred og sørpeskred. Snøskred fra Sukkertoppen, og sikringsalternativer for Sukkertoppen omtales i kapittel 3. Deretter beskrives situasjonen og mulighetene for sikring av Vannledningsdalen i kapittel 4. Avslutningsvis i kapittel 5 gir NVE faglige anbefalinger for mulige sikringskonsept for Sukkertoppen og Vannledningsdalen.

1.1. Bakgrunn

Sikring av Sukkertoppen og Vannledningsdalen er to av flere områder i Longyearbyen som er inkludert i LLs overordnede plan for skredsikring i Longyearbyen (LL, 28.06.17). Planen skal sikre samordning og koordinering av alle aktuelle tiltak som må gjennomføres for å gi befolkning og bebyggelse økt sikkerhet mot skred. Dette inkluderer fysiske sikringstiltak, riving/flytting av bebyggelse etc. og har en tidsramme på tre år (2019-2022). Det er etablert et godt samarbeid mellom lokale og sentrale myndigheter. Planen viser ansvarsfordelingen mellom LL som har koordineringsansvar for alle tiltakene i planen, NVE og Sysselmannen (SMS).

Etter skredet i 2015 har en rekke faktorer og hendelser påvirket prosessen frem mot anbefaling av mulige sikringstiltak, sentrale hendelser nevnes kronologisk i det videre:

Klima i endring

Det har de senere år vært værforhold på Svalbard som er unormale sammenliknet med tidligere år. Høyere temperaturer, økt nedbør og nedbørsfronter som blir liggende over lenger tid øker risikoen for flom- og skredhendelser. Klimaframskrivninger viser at denne utvikling kan fortsette.

Snøskred 19 desember 2015

19 desember 2015 ble et snøskred utløst i en lavere del, på siden av Sukkertoppen over spissbusene i Vei 230 og Vei 228. Skadene var omfattende. Skredet krevde to menneskeliv og tok med seg 11 boliger. Ifølge beregninger vurdert av NGI (2016), hadde skredmassene et volum på 20 000 m³. Det utføres sikringstiltak mot snøskred i Lia over spissbusene. En del av denne sikringen sees i sammenheng med sikring av Sukkertoppen.

Faresonekartlegging

Etter snøskredet i 2015 bestilte NVE farekartlegging for alle typer skred for å få oversikt over hvilke naturfarer som truer Longyearbyen. Kartleggingen viser at det i hovedsak er snøskred som truer bebyggelse, og at en god del av bebyggelsen ligger innenfor skredfaregrensen med gjentakintervall 1/100-år. Skredfarevurderingen er presentert i rapport NVE rapport 16/2016.

Lokal skredvarsling og beredskap

Siden 2015 har NVE etablert regional snøskredvarsling, etter samme modell som på fastlandet, for området Nordenskiöldland (området i og rundt Longyearbyen). For å øke sikkerheten for utsatt bebyggelse er det også innført lokal snøskredvarsling.

Etter skredet i 2015 har det årlig vært flere beredskaps- og evakueringssituasjoner håndtert i samarbeid mellom LL, SMS og NVE.

Snøskred 21 februar 2017

Den 21 februar 2017 ble et snøskred utløst like under toppen av Sukkertoppen. Skredmassene utløste snø i nedre del av fjellsiden i en renneformasjon. Skredmassene traff og skadet et hus med tre boenheter i Vei 228. Skredets utløsningsområde og utbredelse var større enn tidligere vurdert. Skredulykken er beskrevet, og det lokale snøskredvarselet evaluert i NVE rapport 31 (NVE, 2017).

Generelt opphold- og ferdselsforbud nedenfor Sukkertoppen i vintersesongen

Sysselemanden har med utgangspunkt i skredfaren nedenfor Sukkertoppen innført et generelt opphold- og ferdselsforbud for boliger i øvre husrekke så lenge bakken er snødekt. Tiltaket ble innført etter skredet i 2017.

Nye skredfarevurderinger

Evaluerings av skredet i 2017 og skredvurderinger foretatt i forbindelse med lokal snøskredvarsling og beredskapshåndtering i 2016-2018 viser at skredfaren er større enn vurderingene i faresonekartleggingen fra 2016. Skredfarevurdering og dimensjonerende skred er relevant i vurderingen av mulige sikringstiltak og eventuell prosjektering av disse. NVE har derfor ved hjelp av en faggruppe gjennomført nye skredfarevurderinger for området nedenfor Sukkertoppen. De nye skredfarevurderingene viser at skred kan gå lenger og ha større hastighet enn tidligere vurdert. Dette med bakgrunn i større utløsningsområder, større snømengder, samt mer vindtransport av snø. De nye vurderingene er lagt til grunn for anbefalinger av mulige tiltak og er beskrevet i NVEs skredrapport Sukkertoppen (2018).

Vannledningsdalen

Det har historisk gått flere sørpeskred fra Vannledningsdalen. Skadepotensialet er stort og flere bygninger er tidligere rammet av sørpeskred. Det er tidligere bygget en ledevoll som sikrer deler av bebyggelsen, og det gjennomføres årlig dosing av snømasser i Vannledningsdalen før vårløsningen for å redusere faren for skade. Dette tiltaket vurderes ikke tilfredsstillende, også sett i sammenheng med endret klima der sørpeskred nå også oppstår midtvinters uten mulighet for forutgående dosing. I 2015 leverte NGI et forprosjekt for sikring av utsatt bebyggelse mot sørpeskred. Det er foretatt utfyllende vurderinger i denne konseptstudien.

1.2. Grunnforhold og klima

Prosjektering av mulige sikringstiltak for Vannledningsdalen og Sukkertoppen avhenger av de stedlige grunnforholdene og et klima i endring. Mulighetsstudien «*Skredsikring og fundamentering i permafrost, case: Arktiske strøk – Longyearbyen, Svalbard*» (Almaviva 2016) omhandler mulige løsninger med henvisning til litteratur som gir opplysninger om beregningsmetoder og utførelse i permafrost.

Permafrost og stedvis stor mektighet med løsmasser er utfordrende. Sukkertoppen og skråningen ned mot bebyggelsen består av et relativt tykt løsmassedecke med forvittringsjord over sterkt forvitrede sedimentære bergarter.

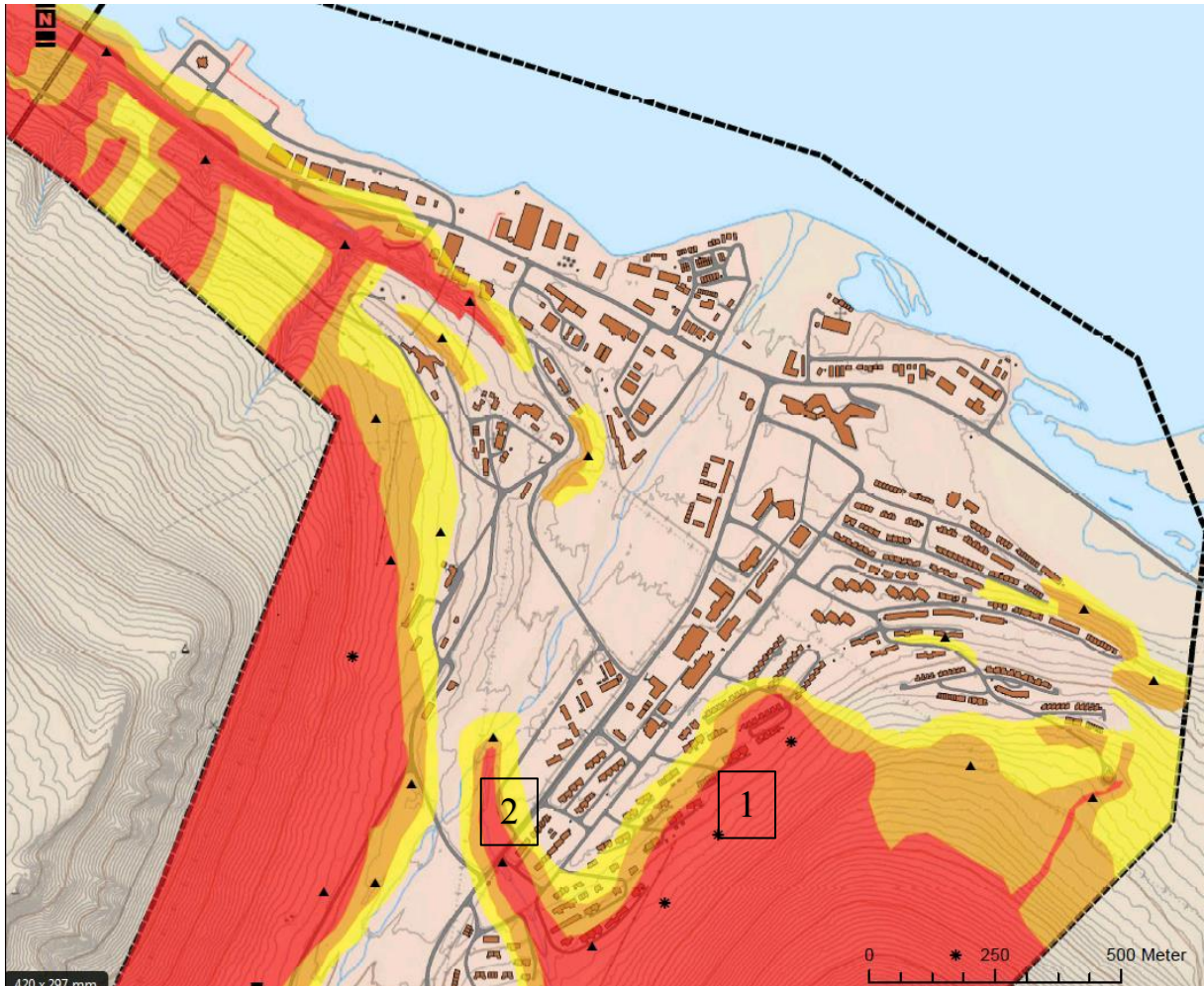
I følge Almaviva (2016) er dybden på det aktive laget mellom 1 og 2 meter. Dette er det øverste laget i permafrosten som tiner om sommeren, og dybden på dette varierer med klima og materialsammensetning. Klimaendringer med lengre somre og økende temperaturer i sommersesongen vil medføre en økning av dybde i det aktive laget. Fundamentering av tiltak må ta høyde for denne endringen sett opp mot levetiden til konstruksjonen. Det er utført noen grunnundersøkelser som gir føring for fundamentering av sikringstiltak. NVE vil senere vurdere behovet for utfyllende undersøkelser.

Klimarapporten «Klimascenarioer for Longyearbyen- området, Svalbard» (Isaksen et al, 2017), har med årene 1971-2000 som referanseperiode, beregnet klimautviklingen videre framover mot 2200 for Longyearbyen-området. Rapporten peker på viktige momenter relevant for utvikling av permafrost og utfordringer ved fundamentering i permafrost som kan oppsummeres med følgende punkt:

- Klimascenarioene viser at oppvarmingen vil fortsette de neste årene, men at økningen gradvis avtar ut mot slutten av 2200.
- Klimascenarioene indikerer økt årsnedbør og sesongnedbør, med inntil 40 % økning fram mot slutten av århundret. I tillegg forventes det en markant økning i dager med kraftig nedbør, samt en økning av nedbør på dager med kraftig nedbør. Det forventes en tredobling av antall mildværsperioder i vinterhalvåret sammenlignet med dagens situasjon. Det forventes kortere snøsesong mot slutten av århundret, samt reduksjon i maksimal snømengde.
- Klimascenarioene viser økt hyppighet av lavtrykk som beveger seg opp mot Barentshavet mot slutten av århundret. Øst for Svalbard vil gjennomsnittlig vindstyrke øke, mens vindstyrken i Longyearbyen-området vil avta, særlig om vinteren.

1.3. Skredfarekartlegging utført i 2016

Skredfarekartlegging av bebygde områder i Longyearbyen inkluderte faresoner for Vannledningsdalen og Sukkertoppen (NVE rapport 91, 2016). Faresoner for skred med sannsynlighet på $\geq 1/100$ (rød), $\geq 1/1000$ (oransje) og $\geq 1/5000$ (gul) vises i kartet.



Figur 2: Faresonekartlegging av bebygde områder på Svalbard ble utført i 2016. Figuren viser at store deler av bebyggelsen ligger i skredutsatt terreng. Kilde: NVE 2016.

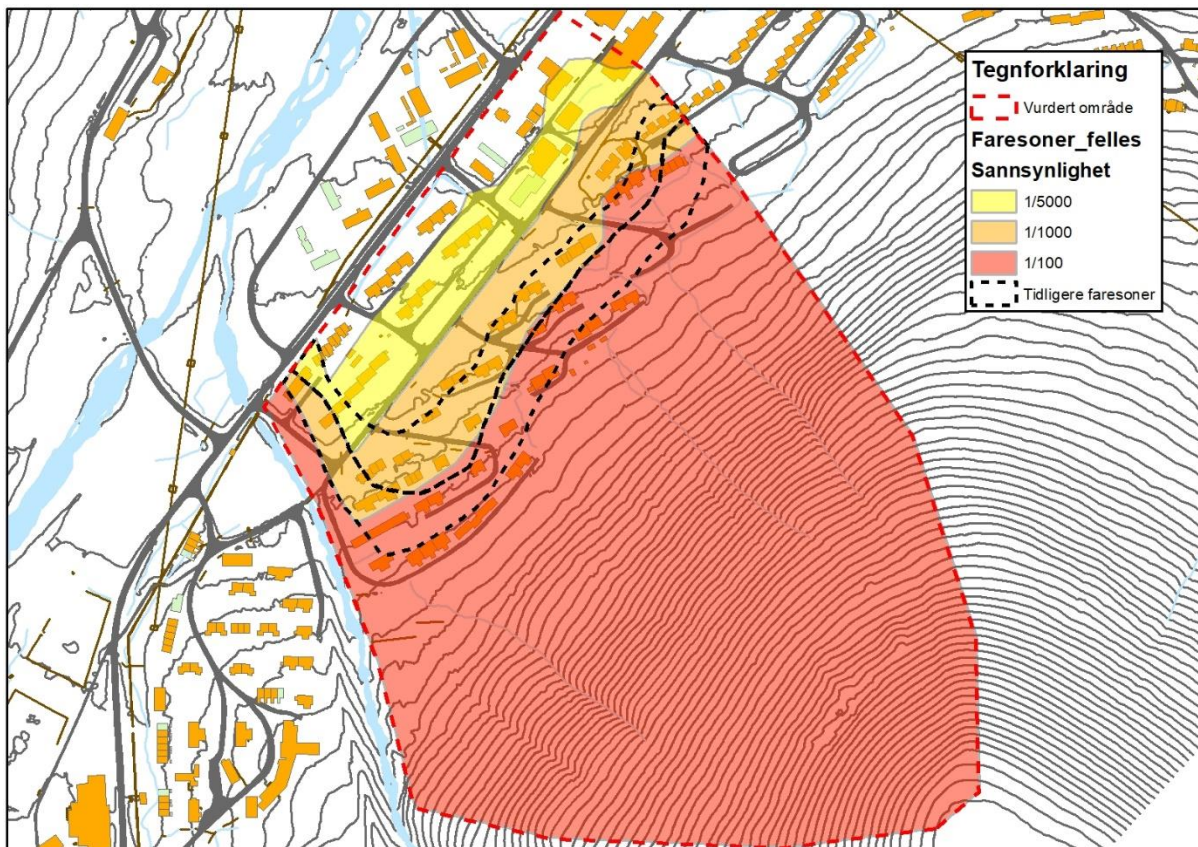
Kartet viser at store deler av bebyggelsen under Sukkertoppen (1) er utsatt for skred. Kartet viser også sørpeskred fra Vannledningsdalen (2). Som tidlige beskrevet viste blant annet skredet i 2017 at snøskredfare fra Sukkertoppen er større enn vurdert i denne farekartsonaleggingen. For å ha grunnlag for prosjektering av sikringstiltak under Sukkertoppen var det behov for å revidere faresonene. Faresonene tilknyttet Vannledningsdalen er tilstrekkelige for prosjektering av sikringstiltak mot sørpeskred.

1.4. Nye skredfarevurderinger for Sukkertoppen 2018

Evalueringen av skredet i februar 2017 og ny kunnskap fra varsling og observasjoner fra Sukkertoppen har pekt på at man på Sukkertoppen må ta høyde for større og flere løseområder enn det faresonekartleggingen fra 2016 gjorde.

Skredfarevurdering og informasjon om trykk og hastighet i dimensjonerende skred er vesentlig for å kunne gi anbefaling av sikringstiltak. NVE hadde derfor behov for å gjennomføre en ny skredfarevurdering som inkluderte ny kunnskap for Sukkertoppen.

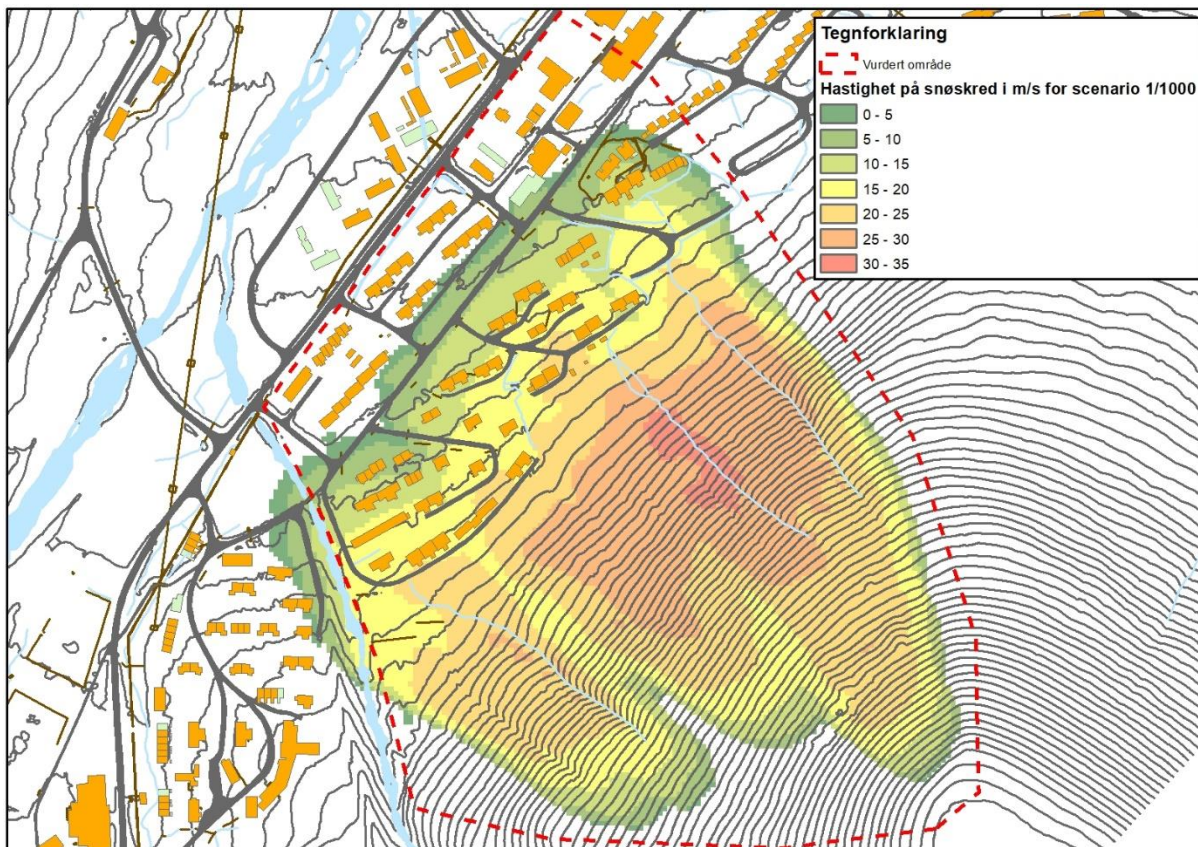
Skredfarekartlegging er utført av en faggruppe med representanter fra NVE, NGI, Skred AS og UNIS. De reviderte faresonene er presentert sammen med faresonene fra 2016 i figur 3. Resultatene og prosessen fra skredfarevurderingene er nærmere beskrevet i skredfarerapport for Sukkertoppen (NVE 2018).



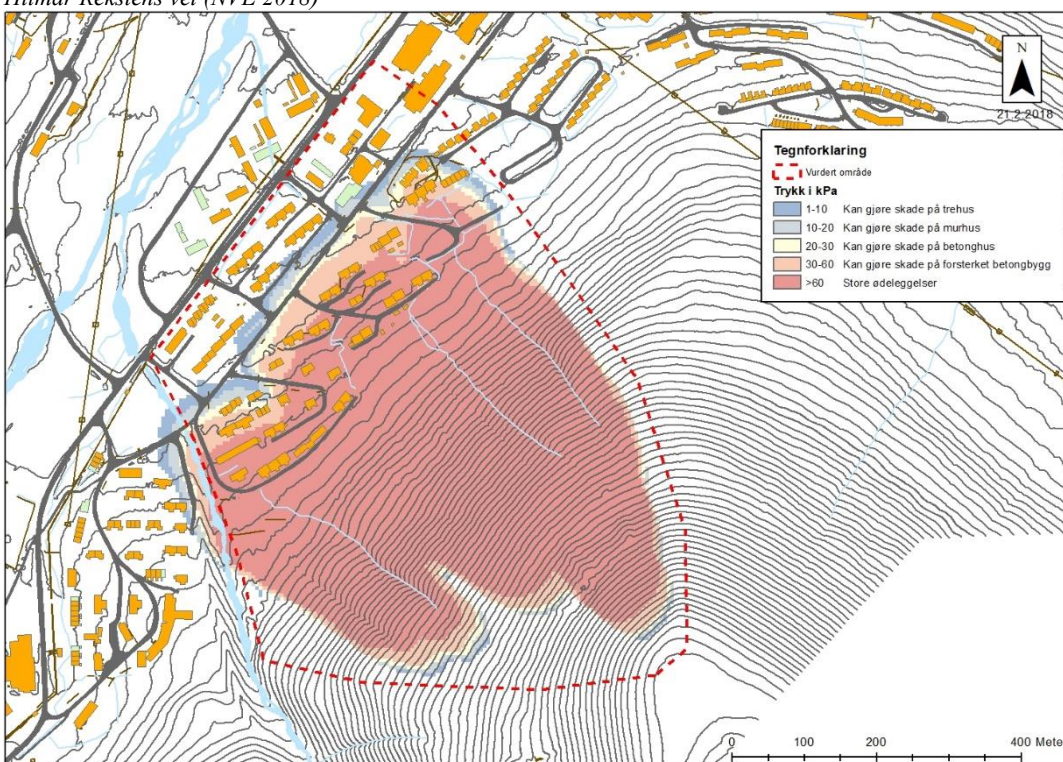
Figur 3: Faresoner under Sukkertoppen februar 2018. De ulike fargene viser nye faresoner med største nominelle årlige sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000. De stiplede linjene viser faresonene fra 2016. Kilde: NVE, 2018

Kartet (figur 3) viser at ny grense for 1/100 ligger tilnærmet der tidligere grense 1/1000 ligger. Ny grense for 1/1000 går ned til Hilmar Rekstens vei. De største og mest sjeldne skredene (1/5000) kan nå deler av sentrumsbebyggelsen nedenfor Hilmar Rekstens vei.

Prosjektering av sikringstiltak avhenger av bakgrunnsinformasjonen til faresonene. Dette dreier seg i hovedsak om forventet hastighet, snømengde og trykk. Kartet i figur 4 viser hastighet i meter pr sekund for en av flere simuleringer av scenario for 1000 årsskred.



Figur 4: Kartet viser hastighet i m/s på modellert snøskred i NVEs scenario med årlig gjentakstintervall 1/1000. Modellert snøskred indikerer hastigheter omkring 20 m/s ved øvre husrekke. Snøskredet stopper omkring veg 200 også kjent som Hilmar Rekstens vei (NVE 2018)



Figur 5: Trykk i kPa, utøvd av snøskredet ved scenarioet 1/1000 viser at stor del av bebyggelsen er vil få store ødeleggelser om et slikt scenario skulle forekomme. Nederste husrekke er trehus som det også må forventes skade på ved et slikt skred (NVE 2018)

2. Ulike typer sikringstiltak

For å gi leseren innblikk i de ulike tiltakene som er vurdert gis det i dette kapittelet en generell beskrivelse av ulike sikringstiltak.

Støtteforbygninger

Støtteforbygningens funksjon er å armere/låse snøen slik at skred ikke utløses. Bildene (figur 5 og 6) illustrerer stivestålkonstruksjoner og fangnett. Støtteforbygninger kan bygges som stive stålkonstruksjoner eller som nett. Høyden bestemmes ut fra dimensjonerende snøhøyde og hvilket trykk konstruksjonen må tåle. For Svalbard vil dimensjonering og fundamentering påvirkes av grunnforhold, permafrost og bevegelse i det aktive laget.



Figur 5: Støtteforbygninger av stive stålkonstruksjoner over Hesteskoblokka i Hammerfest. (Foto: NVE)



Figur 6: Støtteforbygninger av stive stålkonstruksjoner og fangnett i Hammerfest. (Foto: NVE)

Skredvoller

Funksjonen til en skredvoll er å lede eller bremse skredet og kan utformes som sidevoll, ledevoll eller fangvoll. Plassering, utforming og dimensjonering er viktig for at vollene skal gi tilstrekkelig sikkerhet. Fundamentering av voller på permafrost kan gjøres ved å fjerne humuslaget på bakken og bygge vollen med grus og stein med stor permeabilitet. På denne måten kan permafrosten heves opp i konstruksjonen for å unngå setninger. Det må tas hensyn til overflateavrenning slik at smeltevann og nedbør føres vekk fra konstruksjonen, uten å skape overvannsproblemer for nedenforliggende bebyggelse.

Ledevoll

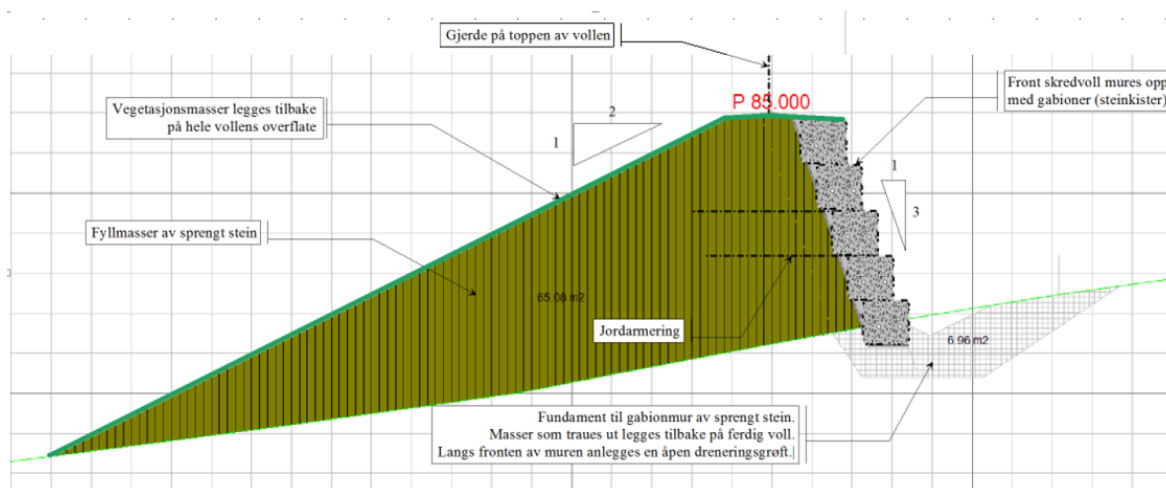
Ledevoll (figur 7) leder skredmassene vekk fra utsatt objekt(er), og kan bygges med løsmasser eller som en mur ved f.eks. bruk av gabionkister eller betongblokker. Vollen dimensjoneres ut fra skredets størrelse og hastighet. Sannsynlighet for flere skred må vurderes med hensyn til høyde på konstruksjonen. Effekten av vollen er størst i det området av skredbanen der skredmassene har lavest hastighet og avbøyingsvinkelen bør ikke overstige 20°.



Figur 7. Ledevoller som sikringstiltak mot snøskred. (Foto: NVE)

Fangvoll

Funksjonen til en fangvoll (figur 8) er å fange opp skredet i fanggropa slik at massene avsettes foran konstruksjonen. En fangvoll konstrueres som regel vinkelrett på skredretningen, med treffvinkel på 90°. Vollhøyde bestemmes av skredets størrelse og hastighet. Fangvoller kan i noen tilfeller også bygges som en mur.



Figur 8. Illustrasjon av fangvoll med bratt støtside mot fjellsiden og slak helning mot bebyggelse som skal sikres (NVE).

Fangvoller kan kombineres med bremsekjegler. Dette er frittstående konstruksjoner som plasseres i grupper på gjellsiden av fangvoll for å bremse skred. Dette reduserer høyden på fangvollen.

Fangnett

Fangnett brukes for å fange opp skredmassene og bremse energien i skredet. Tiltaket kan brukes både for flomskred og sørpeskred. Etablering av fangnett forutsetter at det finnes solide forankringspunkt langs skredløpet. Ankerne bør fundamenteres i fast fjell eller dypt i permafrosten. Ved store mektigheter med løsmasse kan en også benytte plater i fundamenteringen. Tiltaket har størst effekt ved å plassere flere nett i skredløpet.

For størst effekt bør fangnett plasseres i den slakeste del av elveløp/dal. Fangnett forutsetter vedlikehold i form av rutinemessig fjerning av avsatte masser i nettene.



Figur 9. Illustrasjon av fangnett for sikring mot steinsprang og snø i Hammerfest (Foto: NVE).

Bremsekjegler

Bremsekjegler er en type sikringstiltak som benyttes for å redusere hastigheten i snøskred og for å spre skredmassene ut til sidene. Kjegler kan plasseres i parallelle rader eller i et sjakkbrettmønster slik at skredmassene mister energi i avbøyningen mot kjeglen og i møtet med skredstrømmen fra motstående kjegle. Energitalp skjer og når skredmassene strømmer oppover kjeglene. Støtsiden bør være inntil 2:1 og høyden bør være 2-3 ganger høyere enn flythøyden på forventet skred (NGI og Universitetsforlaget, 2014).

Kjegler kombineres ofte med fangvoller eller ledevoller (figur 10). Avstand mellom kjeglene må ikke være for stor, men det må sikres at nødvendig vedlikehold kan utføres av maskiner.



Figur 10. To rader med fangvoll på Island (NVE).



Figur 11. Bremskjegler kombinert med fangvoll på Island (NVE).

Avlagringsbasseng

Avlagringsbasseng kan etableres i utløpsområdet for sørpeskred og flomskred. Hensikten er å fange opp skredmassene før det treffer bebyggelse og/eller veier, og på denne måten dempe og bremse energien. Denne løsningen krever at innsiden av bassenget dimensjoneres til å tåle kreftene i skredmassene. Videre må det sikres åpne drensveier, og tiltaket må utformes med hensyn til adkomst for vedlikeholdsarbeid.

Drenerende voll

Drenerende voll kan etableres i utløsningsområdet for sørpeskred for å drenere snødekket samtidig som snømassene holdes igjen. Vollen kan utformes på flere måter, men det viktigste er at det er tilstrekkelig med åpne drensveier. Drensveiene kan utformes som vertikale spalter eller med rør gjennom konstruksjonen.

Dosing

For å redusere faren for skader fra sørpeskred i Vannledningsdalen gjennomføres det i dag dosing i elveløpet. Dosingen, illustrert i figur 12 og 13, utføres av LL. Snø fjernes langs hele strekningen fra gangbroen Perleporten opp til brekkpunktet der den største oppsamlingen av sørpe skjer. Tiltaket kan bare gjennomføres på våren, før smeltesesongen når vinddrift reduseres og snøskredfare avtar.

De senere års mildværsperioder i vintersesongen medfører en økning av sørpeskredfare også utenfor vårens snøsmeltesesong. Dosing ansees derfor ikke lenger som en fullverdig løsning for sikring av bebyggelse og infrastruktur.



Figur 12: Dosing av Vannledningsdalen mot gangbru ved Perleporten og nedenfor denne vei 500 (Foto: NVE).



*Figur 13.. Dosing av
Vannledningsdalen sett fra gangbrua
Perleporten og opp langs dalen
(Foto: NVE)*

Rivning og flytting av bebyggelse

Et alternativ eller supplement til bygging av fysiske sikringstiltak er rivning/flytting av bebyggelse. Dette har blitt gjennomført på fastlandet der skredfare er spesielt stor og der det ikke er teknisk mulig eller for kostbart å gjennomføre sikringstiltak. I noen tilfeller må også bebyggelse fjernes for å gi areal til sikringstiltak.

Varsling av skredfare og evakuering

Etter skredhendelsene i 2015 og 2017 har det vært flere situasjoner med evakuering av bebyggelse. Sist evakuering var desember 2018, da ble store deler av Lia under Sukkertoppen evakuert. I øvre husrekke er det som tidligere nevnt innført opphold- og ferdselsforbud så lenge bakken er snødekt (innført rett etter skredet i 2017).

Varsling av skredfare er komplekst, og det vil alltid være usikkerhet i varslene. Det er inkludert sikkerhetsmarginer i skredvarslingen og man kan forvente årlige evakueringer i fremtiden.

Uforutsigbarheten gjør at belastningen på befolkningen og beslutningstakerne er stor. Det er tilsvarende overvåking og varsling av snøskredfare for lokalsamfunn på fastlandet, men det spesielle med Longyearbyen er at så mange blir berørt av så hyppige evakueringer.

3. Skredsikring Sukkertoppen

Det fins flere typer permanente fysiske sikringstiltak, men tiltak som er vurdert for dette området er støtteforbygninger og vollkonstruksjoner og drøftes i dette kapitlet.

3.1. Støtteforbygninger

Støtteforbygninger er vurdert i øvre og midtre del av Sukkertoppen. Støtteforbygninger vil armere/låse snøen og hindre utløsning av snøskred. Per i dag har vi ikke kjennskap til grunnforholdene, verken dybden til fast fjell, dybden av det aktive laget eller hvordan en kan forvente at klima vil påvirke utviklingen av det aktive laget for dette området.

Seksjoner med modifiserte steinsprangnett er den mest hensiktsmessige løsningen på grunn av sig i massene. Dette vil hindre forplantning av eventuell deformasjon i konstruksjonen. I midtre del av fjellsiden er det spor etter tidligere flomskred og andre tegn til sig og erosjon. Etablering av støtteforbygninger i midtre del er derfor ikke gunstig.

Støtteforbygninger på toppen av Sukkertoppen vil armere snø i de øvre utløsningsområdene. Dette kan redusere sannsynligheten knyttet til de største og mest sjeldne skredene. Løsneområdene med størst sannsynlighet ligger midt i fjellsiden. Disse løsneområdene vil ikke bli sikret av støtteforbygninger i det øvre området. Støtteforbygninger i midtre del av fjellsiden (se figur 14) vil være teknisk utfordrende. Det er her tydelige spor i fjellsiden etter sig i det aktive laget.



Figur 14: Støtteforbygninger kan plasseres i øvre og midtre løsneområde. Midtre del av fjellsiden er svært aktiv og etablering av støtteforbygninger her er ugunstig.

Støtteforbygninger sikrer kun mot snøskred. Jord- og flomskred vil kunne forekomme i fjellsiden og skade nedenforliggende bebyggelse. Erosjon og utvasking som følge av vannrelaterte hendelser medfører store vedlikeholdskostnader på konstruksjonene.

Støtteforbygninger i øvre del av Sukkertoppen vil ikke redusere størrelsen på skredene, men hyppigheten av skred vil reduseres når man sikrer dette løsneområdet. Det er mange



løsneområder i fjellsiden, og det ville krevd et betydelig antall støtteforbygninger for å sikre alle.

Støtteforbygninger i kombinasjon med voll

Støtteforbygninger kan etableres i øvre del dersom disse kombineres med fangvoll. Vollhøyden vil imidlertid ikke reduseres betydelig på grunn av bratthet, nedenforliggende løsneområder og store flater som samler snø i nedre del av skråningen.

I sikringen av Lia over spisshusene kombinerer man støtteforbygninger og voll.

Fordeler

- Effektivt tiltak for å armere snødekket
- Kan redusere volum på fangvoll og dermed frigjør arealer

Ulemper

- Høye vedlikeholds- og levetidskostnader
- Krevende vedlikehold
- Landskapspåvirkning/estetikk
- Innenfor hensynssone kulturminner

Store tekniske, økonomiske og landskapsmessige konsekvenser medfører at NVE ikke anbefaler å arbeide videre med støtteforbygninger på Sukkertoppen.

3.2. Fangvoll

Fangvoller kan uformes på flere måter, både når det gjelder antall, plassering og utforming. Fangvoll er et arealkrevende sikringstiltak. På grunn av skredvind og faren for overtopping av snø over vollen er det begrensninger hvor nært vollfoten bebyggelse kan etableres/stå. Bygninger kan forsterkes og konstrueres for å kunne redusere avstanden. Eksempelvis uten vindu mot vollfoten. Arealbehovet for en fangvoll avhenger av forventet størrelse på skred og plassering av voll.

I følge simuleringene vil skred fra Sukkertoppen ha relativt høy hastighet ned mot Hilmar Rekstens vei.

For skred med gjentaksintervall 1/1000 viser modellkjøringene at hastigheten på snøskredet er over 20 m/s ved øvre husrekke og fortsatt over 15 m/s ved midterste husrekke. Det er krevende å dimensjonere skredsikring for snøskred med slike hastigheter. Først ved nedre husrekke er skredhastigheten under 15 m/s, noe som gir realistisk mulighet til å konstruere skredsikring i form av fangvoll. Dette med bakgrunn i at grunnforholdene trolig ikke tillater at man bygger en voll som er særlig mye høyere enn 10-15 meter.

Geotekniske hensyn og stor hastighet på snøskred med gjentakstintervall 1/1000 medfører at fangvollen må etableres i nedre del av Lia, noe som innebærer at en betydelig del av bebyggelsen over Hilmar Rekstens vei ikke kan sikres med voll. Bebyggelsen som ligger lengst nord/mot spisshusene kan imidlertid sikres med voll.



Fordeler med fangvoll

- Tiltaket krever lite vedlikehold
- Relativt enkelt å bygge
- Lang levetid

Ulemper med fangvoll

- Arealkrevende tiltak
- Usikkert hvordan voll påvirker snødrift
- Stort landskapsmessig terrenginngrep
- Ved hendelse fylles vollen med snø, denne må fjernes for å oppnå sikkerhet ved nytt skred
- Kan medføre setning i grunnen

Etablering av fangvoll er et aktuelt tiltak for å redusere snøskredfaren fra Sukkertoppen og beskrives videre i kapittel 6.

3.3. Fangvoll i kombinasjon med kjegler

Fangvoller kan kombineres med bruk av kjegler. Kjeglenes funksjon er å dempe hastigheten i skredet. Avhengig av høyde og plassering av kjegler kan man forvente at disse vil redusere hastigheten til skredet med 10 – 20%. Når hastigheten av skredet dempes kan vollhøyden i noen tilfeller reduseres, eller det kan åpne for at vollen kan plasseres opp i skredbanen/nærmere fjellet. Kjegler utformes med bratt støtside for best effekt.

Kjegler vil medføre endringer i avrenning av overvann. Dette må kanaliseres til et egnet sted slik at de ikke medfører overvannsproblemer ved bebyggelsen eller ved vollen.

Kjegler plassert i skredbanen kan fylles med skredmasser fra mindre skred. Dette vil redusere effekten av kjeglene. Tiltak med å rydde eventuell snø kan utføres etter mindre hendelser.

Fundamentering av kjegler på Svalbard må utføres på en måte som forhindrer sig i det aktive laget til å forplante seg i konstruksjonen.

Fordeler med kjegler

- Kjeglene reduserer vollhøyde
- Kan samkjøres med planlagt voll over spisshusene

Ulemper med kjegler

- Fundamentering i permafrost
- Bratthet/vanskelig anleggsutførelse
- Landskapspåvirkning
- Relativt kostbart
- Redusert effekt av kjegler ved mindre snøskred

Etablering av fangvoll i kombinasjon med kjegler er et aktuelt tiltak for å redusere snøskredfaren fra Sukkertoppen og beskrives videre i kapittel 6.

4. Sørpeskred Vannledningsdalen

4.1. Beskrivelse av stedlige forhold

I Vannledningsdalen har det gått en rekke sørpeskred, det siste store skredet var i 1989. Sørpeskred har ofte relativt høy fart og kan komme opp i over 100 km/t. Noen av de tidligere skredene har gått langt ut på elvesletta med voldsom kraft.

Sørpeskred er hurtige, flomliknende skred som har høyt vanninnhold (over 15 %) Sørpeskred kan utløses når snøen blir vannmettet, enten på grunn av snøsmelting eller etter kraftig regnvær. Sørpeskred beveger seg vanligvis langs forsenkninger i terrenget, når det er dårlig drenering i bakken. Sørpeskredet har skredmasser med høy tetthet og stor erosjonsevne. Vannledningsdalen er en markert v-dal mellom Sukkertoppen og Gruvefjellet med bratte sideskråninger, se figur 15. Dette innebærer at dalføret har stor avrenning fra arealet rundt. Dalføret går omlag 2 km fra toppen av Gruvefjellet ned til bebyggelsen på Haugen. Store sørpeskred utløses i øvre del, mens mindre skred kan utløses i nedre del.



Figur 15. Bildet viser øvre del av Vannledningsdalen. Der snøen ligger er platået med øvre utløsningsområde.

Mens snøskred som regel utløses fra om lag 30°, kan sørpeskred utløses i slakere terreng, mellom 5° og 25° hvis tilførselen av vann er større enn det som dreneres ut.

Vannledningsdalen er stedvis relativt bratt og helningen på elva varierer mellom 18° i øvre del til 5° nede på elvevifta. Dalen er orientert N-NV og vindtransportert snø akkumuleres i hele dalen. Om våren tilføres store mengder smeltevann fra omkringliggende terreng. Totalt avrenningsareal er 1765 dekar. (NGI, 2015). På grunn av permafrost og kort sommer drenerer

terrenget små mengder vann. Avrenningsarealet, helningen og grunnforholdene i Vannledningsdalen innebærer at det her kan genereres store sørpeskred.



Figur 16. Markering av utløsningsområde knyttet til de store sørpeskredhendelsene som er lokalisert i overgangen til relativt flatt terreng rett før brekkpunktet ned mot dalen.

Bebyggelsen nærmest elva er etablert på en stor skredvifte, og skadeomfanget ved historiske sørpeskredhendelser har vært omfattende. Vollen som er etablert langs venstre bredd (figur 18) er stedvis underdimensjonert og sikrer bare den ene siden av utløpet. Sørpeskred har stor rekkevidde også i flatt terreng og stopper som regel ikke før det når elv eller fjord. Dette medfører at den etablerte vollen kan lede sørpeskred ned mot bebyggelse og sentrumsområde langs den usikrede elvebredden. Det er flere skredutsatte bygninger i utløpsområdet.



Figur 17 illustrerer kreftene i et sørpeskred. Bildet er etter sørpeskred med store konsekvenser i Longyearbyen i 1953 (SNSKs fotoarkiv i NIFS presentasjon av Jan Otto Larsen SVV)



Figur 18. Nedre del av Vannledningsdalen, med ledevoll langs venstre bredd mot Haugen boligfelt.

Ifølge Førland et. al (2009) og Isakesen et.al (2017) forventes det økning i temperatur og nedbør og antall tilfeller av kraftig nedbør på Svalbard. Dette innebærer at faren for



sørpeskred og årstid for utløsning av sørpeskred gjør at man forventer utløsning av sørpeskred hele vintersesongen, ikke bare om våren.

4.2. Aktuelle tiltak for bedring av sikkerhet

Sikkerheten mot sørpe- og flomskred fra Vannledningsdalen ivaretas i dag ved midlertidige sikringstiltak som varsling, og eventuell evakuering av bebyggelse og stenging av vei, samt rutinemessig dosing.

Midlertidige sikringstiltakene innebærer en betydelig restrisiko. Restrisikoen forsterkes av klimaendringer som medfører økt fare for sørpeskred også midtvinters. Det er ikke mulig å få like gode varsel for sørpeskred som for snøskred på Svalbard. Dette bidrar også til at restrisikoen er vanskelig å redusere uten tiltak.

For å redusere restrisikoen har NVE vurdert følgende sikringstiltak:

- Fangnett langs Vannledningsdalen
- Ledevoller langs Vannledningsdalen
- Ledevoller i kombinasjon med masseavlagringsbasseng
- Fordrøyning av skredmasser i løsneområdet

For å sikre boliger og infrastruktur bør skredmasser fra Vannledningsdalen ledes kontrollert ut i Longyearelva. I det videre presenteres ulike metoder for å redusere skredmengde, samt drøfting av ulike løsninger for å sikre bebyggelsen. Noen av tiltakene kan kombineres.

Fangnett langs Vannledningsdalen

Fangnett kan monteres langs dalføret og elveløpet, fra platået, ned mot bebyggelsen. Dette vil være et effektivt tiltak for å bremse energi i sørpeskredene. Snø- og sørpemasser vil avsettes i nettene, samtidig som vann renner ned mot Longyearelva.

Høyden på nettene er avhengig av plassering, og høyden må være tilstrekkelig for at disse ikke skal miste funksjon på grunn av snø. Nett må plasseres slik at de fanger opp eventuelle skred fra nedre del av elveløp, samtidig som de ikke plasseres i utløpsområdet for flomskred fra sideterrenget.



Figur 19. Fangnett kan etableres i nedre del av Vannledningsdalen. I denne skissen er det plassert 5 nett i nedre del av skredløp (NVE).

Fordeler

- Fanger opp skred langs hele dalføret
- Lite synlig fra byen

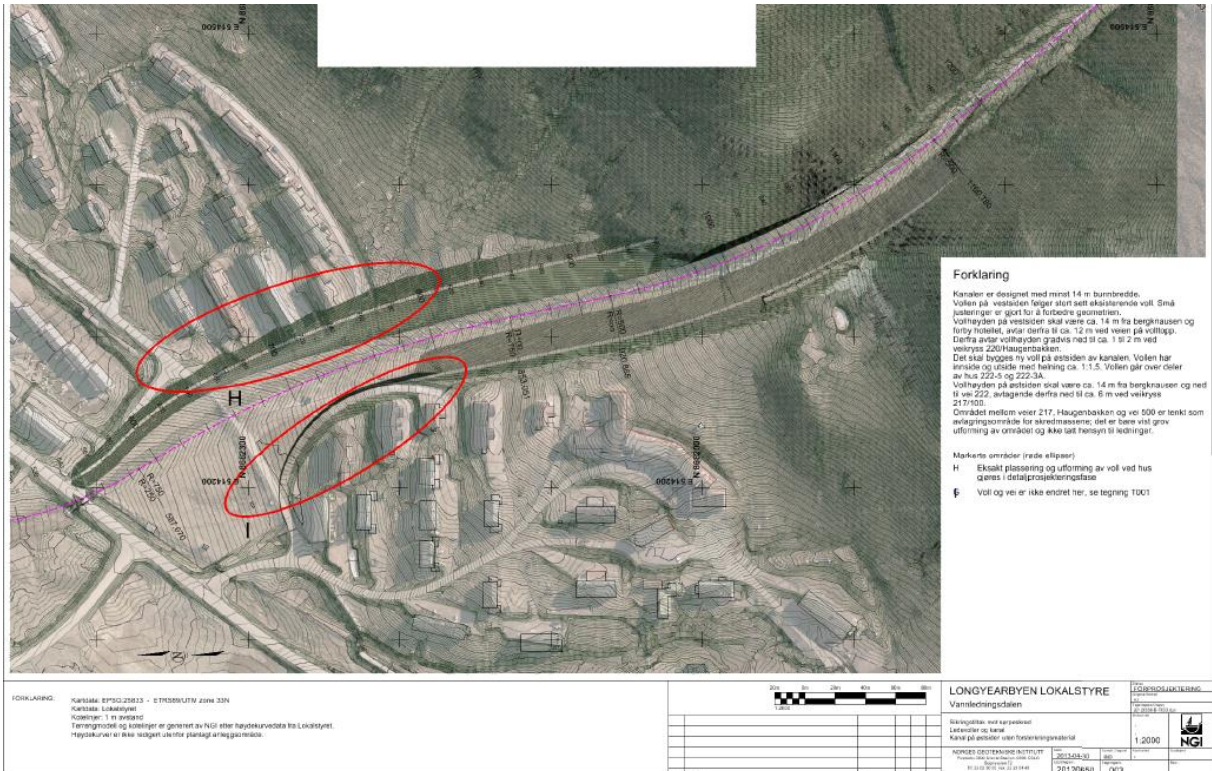
Ulemper

- Kostbart tiltak
- Høye årlige vedlikeholdskostnader og levetidskostnader.
- Lite erfaring knyttet til bruk på sørpeskred.
- Vanskelig adkomst og utfordrende anleggsutførelse og vedlikehold.
- Vil ha redusert sikringseffekt ved påfølgende skred.
- Forhindrer dosing
- Begrenser ferdsel

Fangnett i skredløpet er omfattende, kostbart og har krevende vedlikehold. NVE anbefaler ikke at dette prosjekteres.

Ledevoller langs Vannledningsdalen

I NGIs forprosjektet fra 2015 er det langs nedre del av Vannledningsdalen foreslått en løsning med ledenvoller på hver side av elveløpet som inkluderer utvidelse og justering av kanalbunnen for å kunne lede sørpeskred forbi bebyggelsen og samtidig gjøre så lite inngrep i dagens terreng som mulig.



Figur 20. NGIs skisse med ledevoller langs nedre del av Vannledningsdalen, som også beskrives på side 28 under «Ledevoller langs Vannledningsdalen» (Kilde: NGI, 2015)

Ledevollen langs venstre bredd foreslås hevet for å hindre at sørpeskred går over denne og ned på bebyggelsen. Figur 20 viser en ledevoll fra bergknausen, nedover langs høyre bredd. Flere av grunntankene i dette forprosjektet videreføres som NVEs faglige anbefaling for mulige tiltak i kapittel 6.

Fordeler

- Skredmassen kanaliseres og retningen kontrolleres
- Relativt enkel anleggsutførelse
- Lave vedlikeholdskostnader
- Lang levetid

Ulemper

- Arealkrevende tiltak
- Mulig erosjon på sikringen og langs bunnen ved hendelse
- Tilsyn og drift etter hendelse
- Setning i grunnen
- Stort landskapsmessig terrenginngrep
- Sikkerheten for gangbrua Perleporten og vei 500 blir dårlig ivaretatt hvis det ikke også gjennomføres tiltak her

Ledevoller i kombinasjon med masseavlagringsbasseng

Vollkonstruksjoner kan kombineres med et masseavlagringsbasseng, eksempelvis på flaten foran stikkrennene under vei 500 (NGI 2015). Dette forutsetter at det etableres forsterkninger



rundt hele bassenget, samt mot veien og inntak til stikkrennene. For at denne løsningen skal gi tilstrekkelig sikkerhet er det nødvendig å utføre beregninger for nødvendig vollhøyde. Andre plasseringer kan også være aktuelle.

Fordeler

- Masseavlagringsområde bremser energi i skredmassene.
- Reduserer høyde på skredvoller.
- Redusert mengde skredmasser som transporteres ned mot Longyearelva.

Ulemper

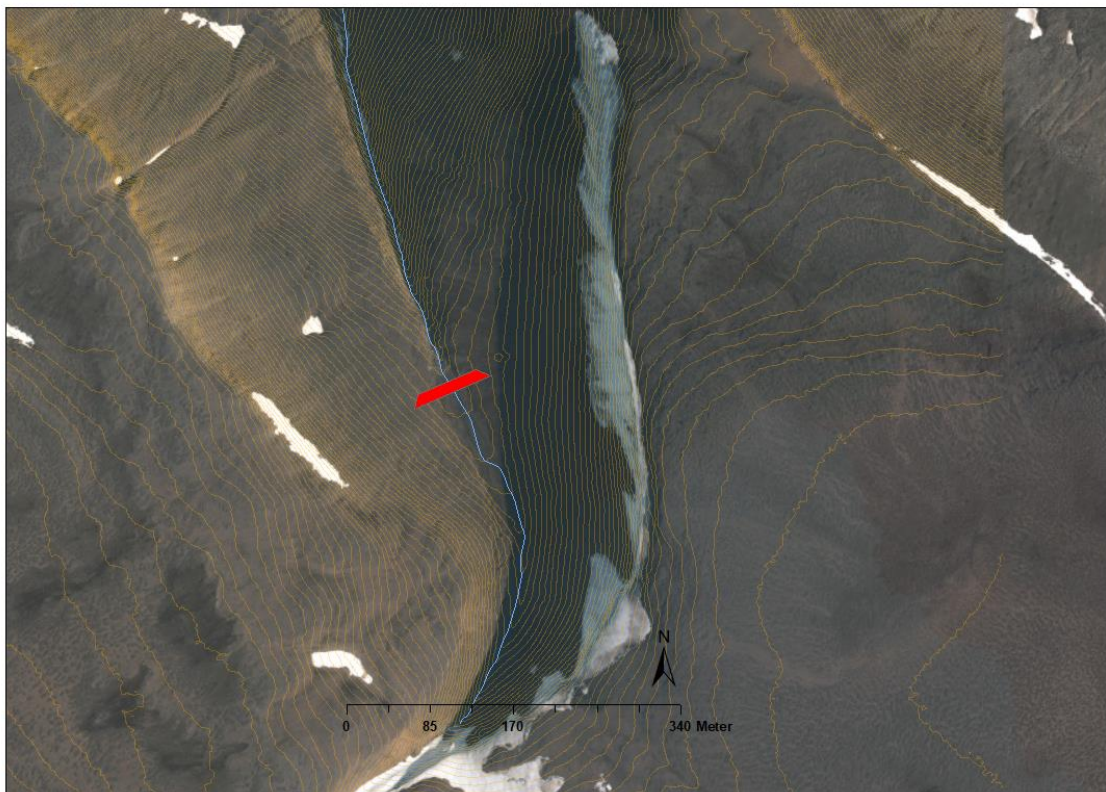
- Terrenginngrep kan begrense utsikt for bebyggelse.
- Vollkonstruksjon vil samle drivsnø

Masseavlagringsbasseng i kombinasjon med voll er arealkrevende. Løsningen forutsetter forsterkning av vei. NVE anbefaler ikke å arbeide videre med denne løsningen.

Fordrøyning av skredmasser i løsneområdet

Løsneområdet for store sørpeskred ligger i utløpet av en stor skålformet terrengformasjon. Denne tilføres mye smelte vann fra fjellplatået og omkringliggende terreng. Tiltak i løsneområdet kan redusere faren for store sørpeskred. Dette kan gjøres ved å etablere vollkonstruksjon med drenerende masser eller smalt overløp, stive stålkonstruksjoner eller nett slik at sørpeskredmasser holdes på plass.

En voll av grovt permeabelt materiale og/eller med smalt utløp vil kunne hindre utløsning av eller redusere størrelsen på et sørpeskred. Det er viktig at vollen konstrueres slik at vann kan drenere ut av snødekket, samtidig som snøen holdes igjen. For å sikre at vollen har effekt også om vinteren må vollen være så høy at den ikke blir snødekt. I Figur 21 er plassering av en slik voll skissert i løsneområdet.



Figur 21. Sikringstiltak kan etableres i løsneområdet for å drenere snødekket og redusere store sørpeskred. Vollen må ha tilstrekkelig høyde slik at den ikke er snødekt når sørpeskred kan utløses (NVE).

Fordeler

- Effektivt tiltak som reduserer faren for utløsning av store sørpeskred
- Voll krever lite vedlikehold og har lang levetid
- Ikke synlig fra byen

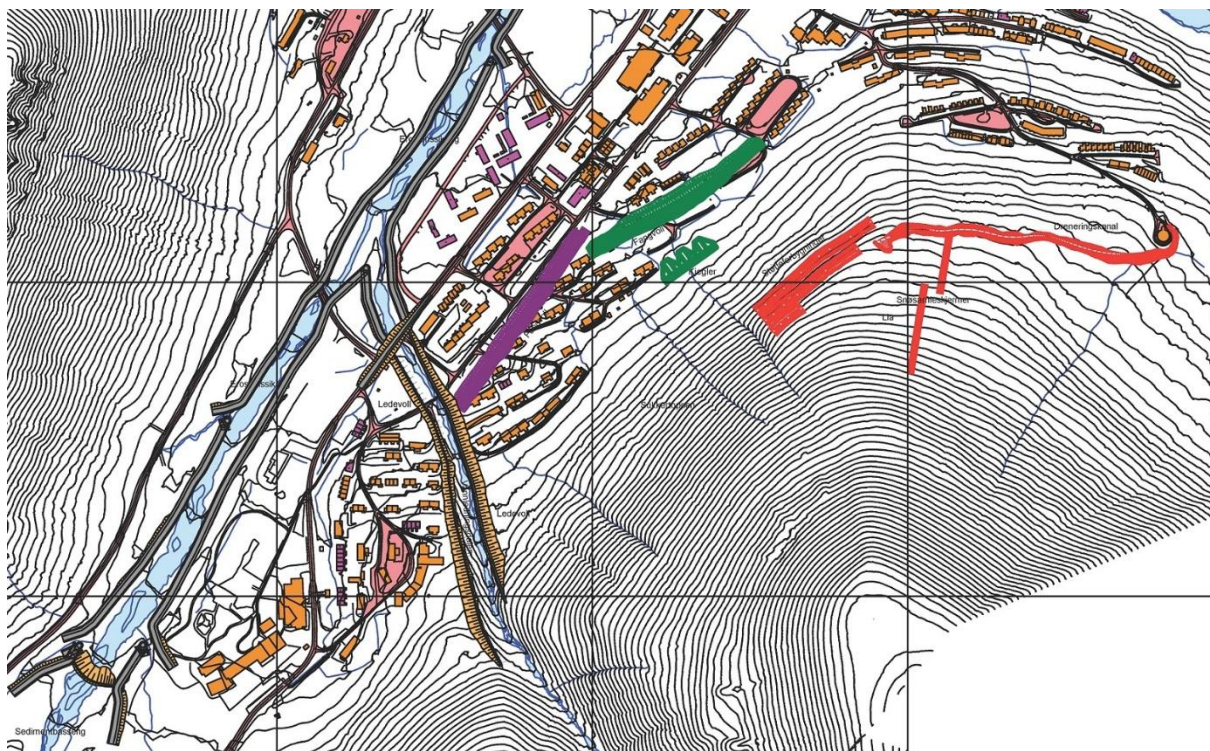
Ulemper

- Ingen effekt på sørpeskred som utløses lengre ned i dalen
- Utfordrende å bygge på grunn av beliggenhet
- Fangnett og stive stålkonstruksjoner er kostbare og kan ha relativt høye vedlikeholdskostnader

Etablering av drenerende voll i løsneområdet er et sikringstiltak som vil øke sikkerheten. Drenerende voll og ledevoll kan kombineres. Dette er videre omtalt i kapittel 6.

5. Faglige anbefalinger om mulige sikringstiltak

Resultat fra skredrapport Sukkertoppen (NVE 2018) gir grunnlaget for vurdering av mulige sikringstiltak. Figur 22 viser alle sikringstiltakene, både de som er under utførelse og anbefaling for mulige sikringstiltak. Figur 22 er et utsnitt av et kart som også viser tiltak i øvre deler av Vannledningsdalen, kartet er også gjengitt i vedlegg.



Figur 22. Kart som viser alle sikringstiltak. Det røde er under utførelse over spisskusene, grønne og lilla er skredsikring under Sukkertoppen og langs Vannledningsdalen er ledevoller inntegnet med gul farge (NVE).

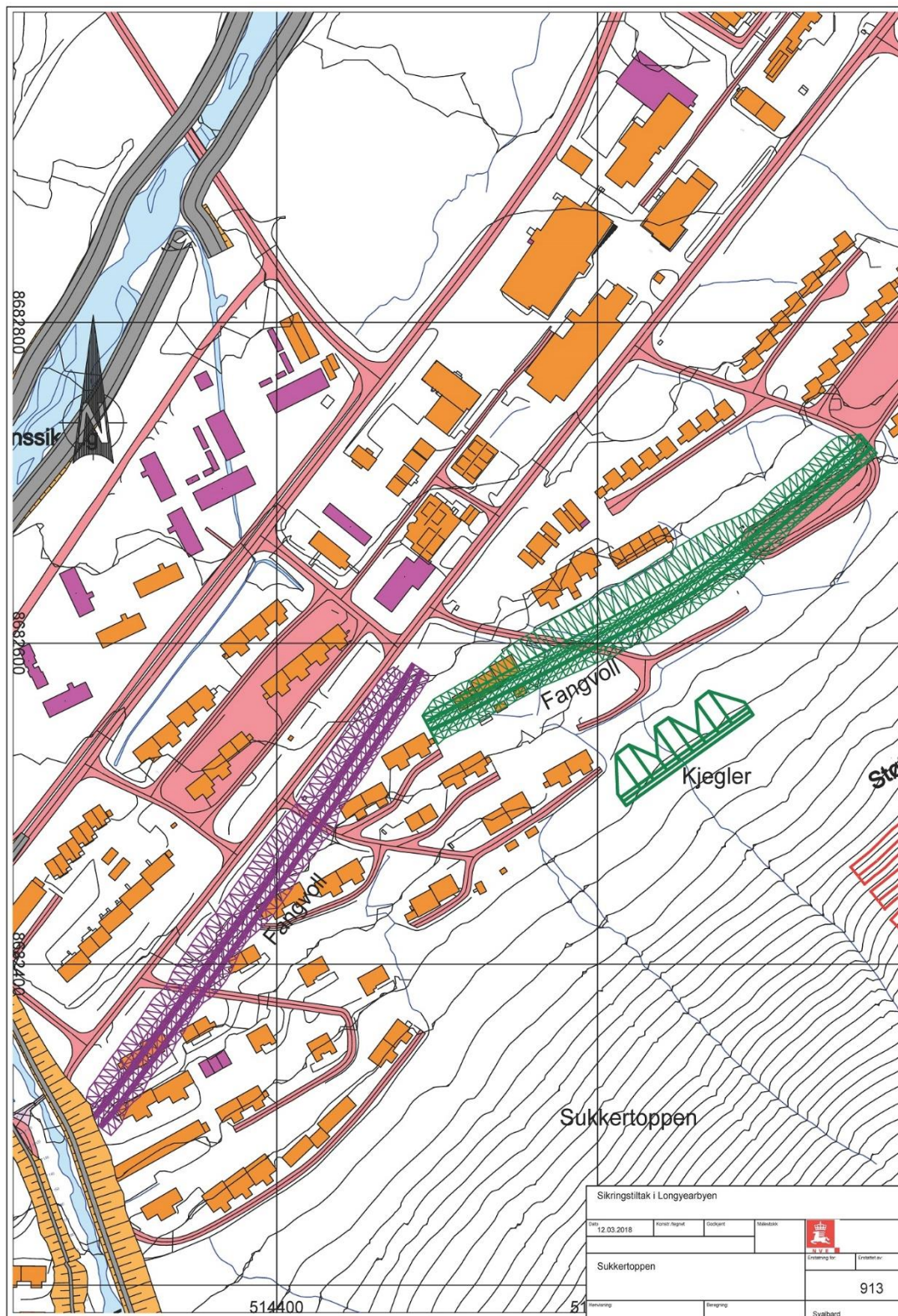
Mulige sikringstiltak langs nedre del av Vannledningsdalen er markert med gul farge og disse går over i sikringstiltakene langs elva som er markert grå.

Sikringstiltakene som er under utførelse over spisskusene er markert røde, mens mulige sikringstiltak nedenfor Sukkertoppen er markert med grønn og lilla farge.

I påfølgende avsnitt er anbefalinger til mulige sikringstiltak nedenfor Sukkertoppen og langs Vannledningsdalen beskrevet.

5.1. Sukkertoppen

NVEs anbefaling for mulig sikring mot snøskred fra Sukkertoppen er fangvoller i kombinasjon med kjepler, som vist i figur 23.



Figur 23. Anbefalte sikringstiltak nedenfor Sukkertoppen med fangvoller og kjepler. Øvre tiltak markert grønn er fangvoll kombinert med bremsekjepler, mens lilla tiltak er en lavere fangvoll. Endelig valg, utforming og plassering må foretas senere som en del av prosjektering der også grunnforhold hensyntas.



De nye skredvurderingene viser at snøskred fra Sukkertoppen kan nå lenger enn tidligere vurdert. Hastigheten på dimensjonerende skred er avgjørende for å avgjøre hvilke muligheter det er for å sikre mot skred ved hjelp av fangvoller. I Lia ned mot Hilmar Rekstens vei er de simulerte hastigheter på skred høye.

Sikringstiltaket som nå gjennomføres over spisshusene sikrer mot skred med gjentakintervall på 1/1000-år. Skred med samme gjentakintervall legges til grunn også i anbefalinger til sikringstiltak nedenfor Sukkertoppen.

I kapittel 1.6 er de nye skredfarevurderingene for denne skredstørrelsen presentert. Dette viser at grensen for skred med gjentakintervall 1/1000 går ved Hilmar Rekstens vei. Skredgrenser danner i seg selv ikke godt nok grunnlag for anbefalinger til, eller prosjektering av sikringstiltak. For å anbefale og prosjektere sikringstiltak må det også utføres inngående skredfaglige vurderinger av forhold som hastighet, densitet, friksjon m.m.

NVE har engasjert konsulenten som har prosjektert sikringstiltaket over spisshusene og mange andre tilsvarende sikringstiltak på fastlandet i Norge og på Island for å vurdere hvilken kombinasjoner av fangvoller og kjegler som kan anbefales for sikring nedenfor Sukkertoppen. Vurderingen er gjort med kjennskap til stedlige forhold og de nye skredvurderingene. Det er lagt til grunn at den del av fangvullen som er berørt av skred fra både Lia over spisshusene og Sukkertoppen må dimensjoneres utfra dette. Resultat fra dette forarbeidet er vedlagt (HNIT 2018).

Øvre voll med kjegler

Vollen markert med grønn i figur 23 er en fangvoll som skal sikre nedenforliggende bebyggelse mot skred fra den skredbanen der skred kan nå lengst. For å bremse hastigheten på skredet, noe som medfører at vollhøyden kan reduseres, foreslås det tre bremsekjegler. Kjeglene vil kunne redusere høyde på skredvullen i dette området med 3 m.

Bremsekjeglene forutsettes å ha en bratt støtside som kan bygges av gabionkister. Foreløpige dimensjoner er satt til: høyde 8 m, lengde langs fjellsiden 10 m og bredde på toppen minst 2 m.

Denne øvre vollen er plassert så langt opp som mulig utfra gjeldende forhold. Det er ustabile grunnforhold med permafrostproblematikk som medfører at vi vurderer at det ikke er forsvarlig å bygge høyere fangvoller enn 10-15 m på Svalbard. Det bemerkes imidlertid at avsluttende prosjektering, der hensyn til grunnforhold vil være avgjørende, vil gi endelig plassering og dimensjon for vollkonstruksjonene. Plassering kan også tilpasses lokale behov og ønsker knyttet til rivning og flytting av bebyggelse.

I den anbefalte løsning er det lagt vekt på at øvre fangvoll både skal sikre mest mulig av boligbebyggelsen mot nord over Hilmar Rekstens vei, samtidig som sentrumsbebyggelsen nedenfor Hilmar Rekstens vei sikres. Øvre voll vil utfra gjennomførte beregninger ha en høyde på ca. 5 m mot nord der denne sikrer mot skred fra Lia over spisshusene. Høyden på vollen øker til 11 m nedenfor kjeglene og over sentrumsbebyggelsen der hastighet for skred fra Sukkertoppen er høyest, før høyden igjen avtar til 9 m mot sør.



Nedre voll, området over Hilmar Rekstens vei

Over Hilmar Rekstens vei, mellom den øvre vollen (grønn) og Vannledningsdalen er det vurdert alternative plasseringer av voller, også disse er sett i sammenheng med bremskjegler. Designskredet 1/1000 har en slik hastighet at det ikke er mulig å bygge en voll som sikrer bebyggelse over Hilmar Rekstens vei mot dette gjentakintervallet.

Vi vurderer derimot at det er mulig å bygge en mindre voll rett ovenfor Hilmar Rekstens vei som inntegnet med lilla farge i figuren. Vollen vil kunne ha betydning for ferdsel og opplevelsen av trygghet i sentrumsområdet. Etablering av vollen forutsetter rivning av bebyggelse.

Den nedre vollen er lavere enn den øvre vollen. Endelig plassering, dimensjoner og hvordan denne vil påvirke skredgrensene, vil måtte avklares i den senere prosjektering der det også tas hensyn til grunnforhold.

Begge vollene kan utformes og plasseres slik at det oppnås adgang på oversiden av disse og til kjeglene for vedlikehold samt driftsmessige operasjoner. Utforming vil også måtte tilpasses overflateavrenning. Overflatevann kan ledes ned mellom de to vollene og det må da anordnes system for å håndtere overvannet fra det møter Hilmar Rekstens vei på vei mot Longyearelva eller sjøen.

Nytte og kostnader

Den øvre vollen vil øke sikkerheten for 37 boenheter mot 1000-årsskred. Den nedre vollen vil bidra til økt sikkerhet for ferdsel og opphold i sentrumsområdet i Longyearbyen. Det utarbeides nye faresoner etter ferdigstilling av sikringstiltak.

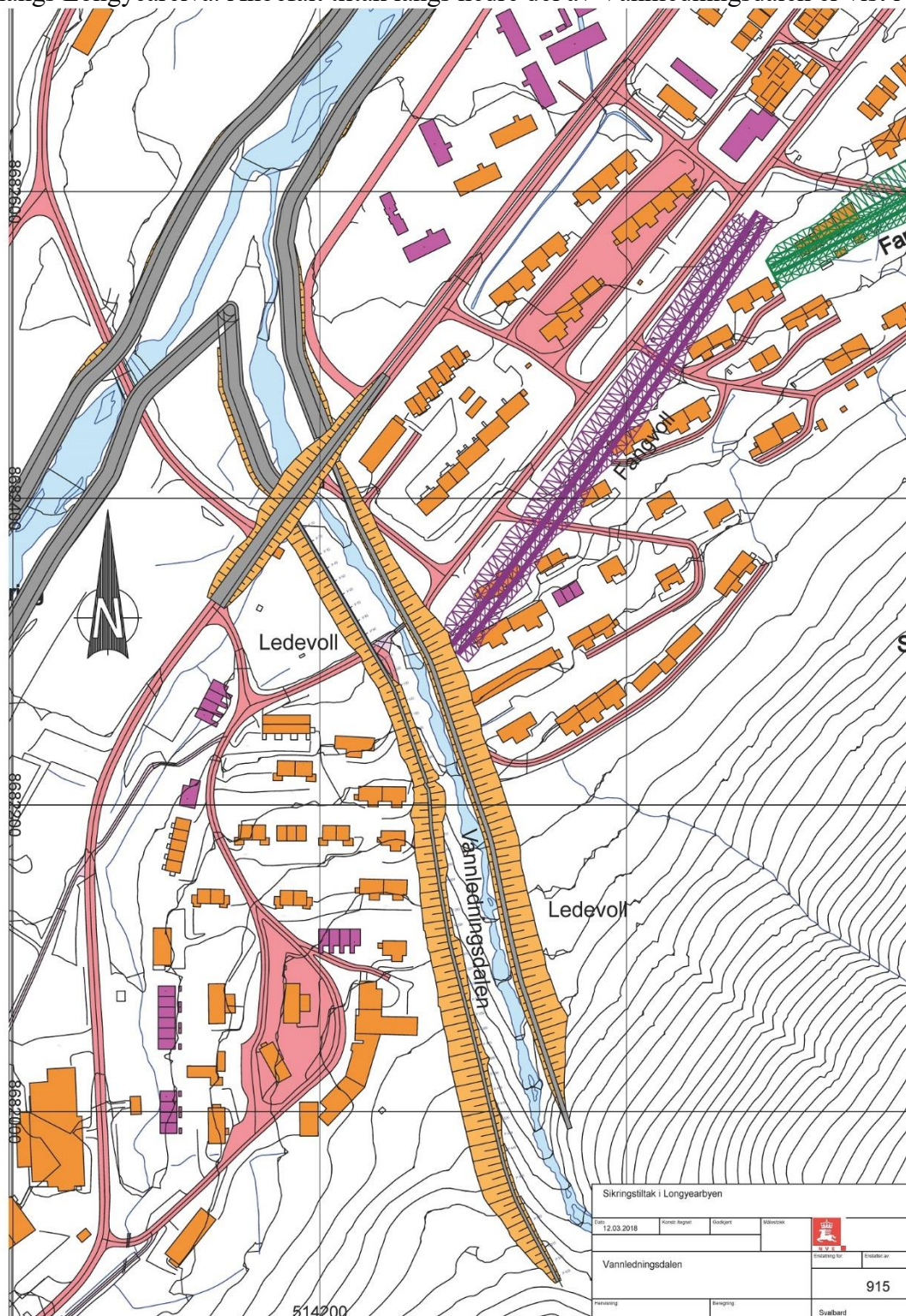
NVE har vurdert kostnader for tiltaket utfra erfaringstall fra bygging av denne type sikringstiltak på fastlandet, samt erfaringer fra bygging av pågående sikringstiltak på Svalbard. Vi vurderer at mulige tiltak under Sukkertoppen vil ha en samlet kostnad på om lag 60 millioner kroner. Den øverste vollen og kjegler er budsjettert til 50 millioner kroner, og den nederste vollen over Hilmar Rekstens vei er vurdert til 10 millioner kr.

Det er en stor usikkerhet knyttet til kostnader for bygging av denne type konstruksjoner på Svalbard og i kostnadsoverslaget er det tatt høyde for denne usikkerheten.

Kostnader for rivning av bebyggelse er ikke medtatt i dette kostnadsoverslaget.

5.2. Vannledningsdalen

NVEs anbefalinger til sikringstiltak langs Vannledningsdalen er ganske lik anbefalinger gitt i NGIs forprosjekt i 2015, men vi foreslår noen endringer og supplerende tiltak. Dette også sett i sammenheng med anbefalte sikringstiltak nedenfor Sukkertoppen og pågående sikringstiltak langs Longyearelva. Anbefalt tiltak langs nedre del av Vannledningsdalen er vist i figur 24.



Figur 24. Anbefalt tiltak i nedre del av Vannledningsdalen, ledevoller, ombygging/heving av vei og sammenkobling med flomsikringstiltak i Longyearelva (NVE).

Dagens ledevoll langs venstre bredd sett medstrøms må delvis utbedres ved forhøyning øverst og forlengning fra et stykke ovenfor gangbrua ved Perleporten og ned til flomsikringsanlegget langs elva. Langs høyre bredd anbefaler vi å bygge en tilsvarende ledevoll med samme høyde og geometri.

I NGIs tidligere vurderinger er det lagt til grunn at sikringstiltak langs Vannledningsdalen ikke skulle medføre flytting av veier eller fjerning av bebyggelse. Disse forutsetningen er ikke vektlagt i samme grad nå. Vi anbefaler å plassere vollen langs høyre bredd omtrent der vei 222 går opp til bebyggelsen i dag. Dette siden denne bebyggelsen og veien i alle fall sannsynligvis vil bli fjernet. Ved å gi elva større plass reduseres krav til vollhøyde på begge sider langs denne strekning.

Det må foretas en detaljert prosjektering som endelig fastsetter dimensjon og hvor vollen langs høyre bredd kan plasseres. I prosjekteringen må det også tas stilling til hvordan erosjonssikring av den del av vollen som grenser mot elva skal skje. Dette kan foretas enten ved hjelp av tiltransporterte steinmasser som langs Longyearelva, ved hjelp av gabionkister eller ved stedlige masser. Dagens voll langs venstre bredd er bygd av stedlige masser.

I figur 24 er det også markert sikringstiltak langs vei 500. Det må her foretas en ombygging av veien og bygges en bro eller kulvertløsning som gjør at sørpeskredmasser vil føres kontrollert under veien og videre ned i Longyearelva. Dagens gangbru ved Perleporten må også bygges om av samme grunn, enten der den er plassert i dag eller ved den nye kryssningen ved vei 500. LL må ta ansvar for prosjektering, finansiering og gjennomføring av tiltakene ved Perleporten og veiombygging med bru/kulvert.

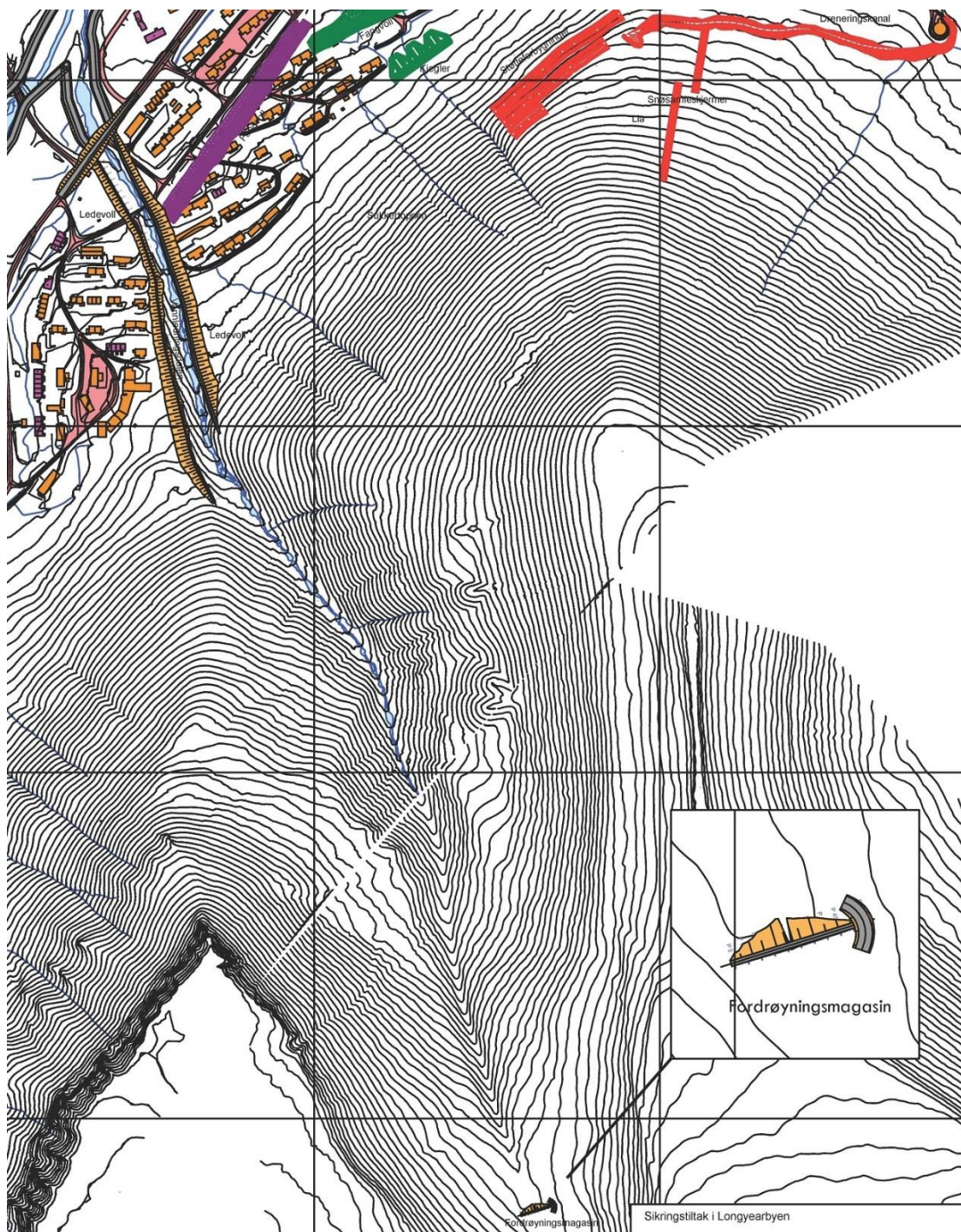
For å redusere skredmassene anbefales det å bygge en 4m høy dam på brekket i øvre del av Vannledningsdalen som illustrert i figur 25.



Figur 25. Dam med smal spalteåpning for å redusere/fordroye størrelsen på sørpeskred, sett motstrøms. Adkomst for vedlikehold er også påtegnet (NVE).

Dammen vil være ca. 50 m lang og den bygges med et utløp som har en bredde på en meter. Terrengmodellering viser at denne dammen kan akkumulere ca. 90 000 m³ med masser, og denne magasineringen samt den smale spalteåpningen vil da dempe størrelsen på sørpeskred langs Vannledningsdalen.

Det bygges en adkomstvei rundt dammen som illustrert i figur 26. Det er utfordrende adkomst til damstedet, og vi vurderer at det vil være fordelaktig å bygge damkjernen opp av gabionkister. Kistene og massene som skal benyttes til fylling av disse kan transporteres vinterstid med scooter eller med helikopter. Stedlige masse kan benyttes til omfyllingsmasser.



Figur 26. Plassering av dam med fordrøyningsmagasin.



Nytte og kostnader

Tiltaket vil gi økt sikkerhet for 34 boenheter og et hotell, mot sørpeskred tilsvarende et gjentaksintervall 1/1000. Det tilrettelegger også for ny utbygging på Elvesletta.

NVE vurderer at kostnader til anbefalte tiltak langs Vannledningsdalen blir om lag 40 millioner kr. Det er en stor usikkerhet knyttet til kostnader for bygging av denne type konstruksjoner på Svalbard og i kostnadsoverslaget er det tatt høyde for denne usikkerheten.

Kostnader for rivning av bebyggelse, heving av bru, omlegging av gangvei og sikring av eksisterende infrastruktur i tilknytning til vei er ikke medtatt i dette.



6. Litteraturliste

Almaviva as, 2016. Skredsikring og fundamentering i permafrost, case: Arktiske strøk – Longyearbyen, Svalbard

HNIT, 2018. Longyearbyen: Mulighetsstudie av sikring nedenfor Sukkertoppen.

Isaksen K., Førland E. J., Dobler A., Benestad R., Haugen J. E. og Mezghani A, 2017. Klimascenarier for Longyearbyen-området, Svalbard. Delrapport 1, Statsbygg oppdrag: «Bygging og forvaltning på Svalbard i et langsiktig klimaperspektiv». METreport no 15/2017

Longyearbyen Lokaltstyre, 2017. Overordna plan for skredsikring av Longyearbyen, 2018 – 2020

NGI, 2015. Forprosjektering av sikringstiltak for bebyggelse og infrastruktur nedenfor Vannledningsdalen, Longyearbyen

NGI 2016. Teknisk notat «*skredvurdering av evakuert bebyggelse 4. januar 2016*» 20150709-01-1N

NGI og Universitetsforlaget (2014): Skred – skredfare og sikringstiltak, praktiske erfaringer og teoretiske prinsipper. Utg. 1. Oslo

NVE (2015, oppdatert 2017) Faktaark om sørpeskred. Tilgjengelig fra:
<https://www.nve.no/flaum-og-skred/om-skred/sorpeskred/>

NVE, 2016. Skredfarekartlegging i utvalgte områder på Svalbard. NVE Rapport nr 91-2016.

NVE, 2017. Gjennomgang og evaluering av skredhendelsen i Longyearbyen 21.02.2017. NVE Rapport nr 31-2017

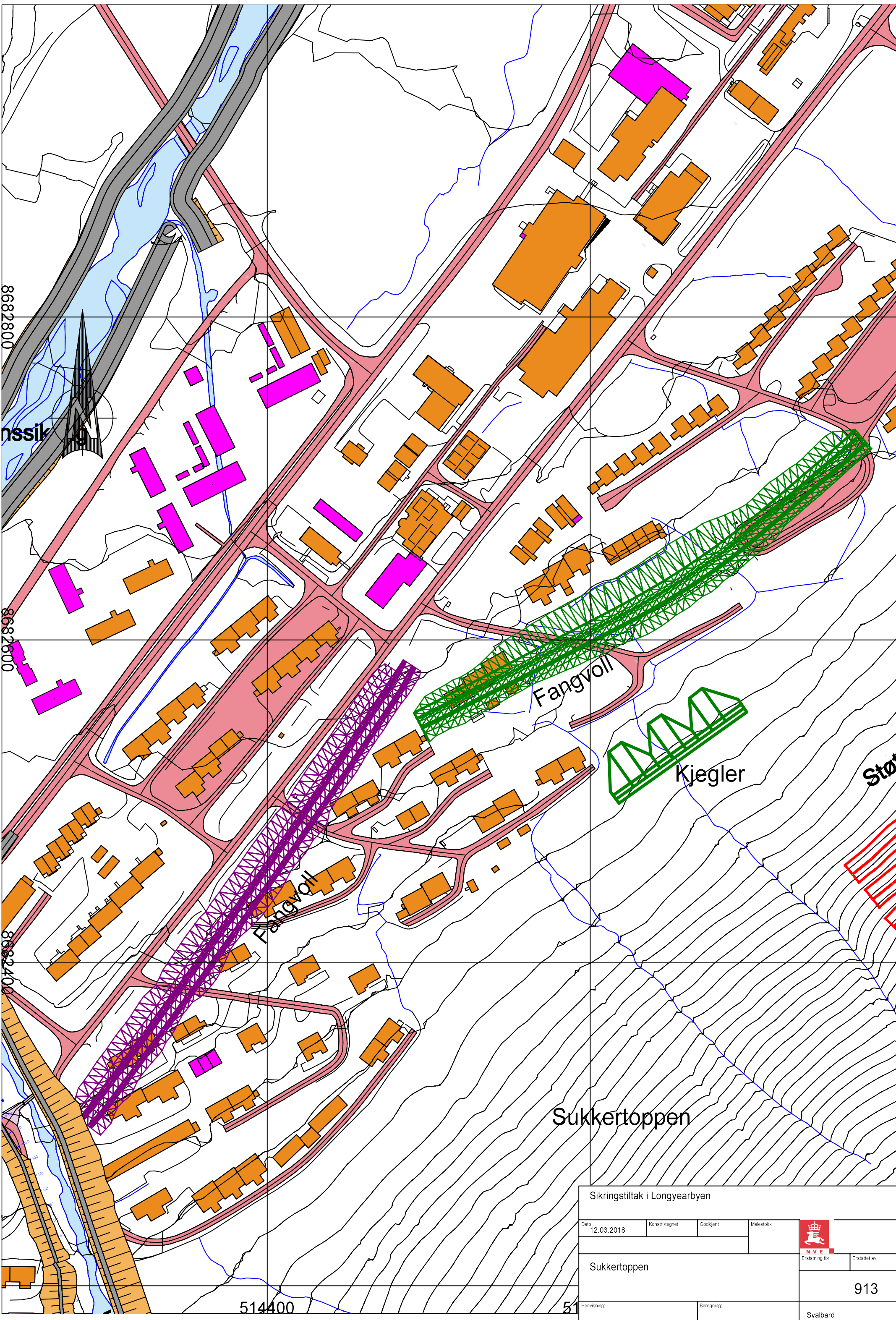
NVE, 2018. Skredrapport Sukkertoppen. Dimensjonerende skred fra Sukkertoppen og faresoner for Lia under Sukkertoppen.

SNSKs fotoarkiv i NIFS presentasjon av Jan Otto Larsen SVV
<http://slideplayer.no/slide/11196863/>. hentet 24.02.18.

Vikhamar-Schuler, D., Førland, E. J., Hisdal, H., 2016. Kort oversikt over klimaendringer og konsekvenser på Svalbard. NCCS report no. 2/2016. Tilgjengelig fra:
https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/_attachment/9559?_ts=1559b5c5534



Vedlegg



8682800

8682600

8682400

nssik

Fangvoll

Fangvoll

Kjegler

Stor

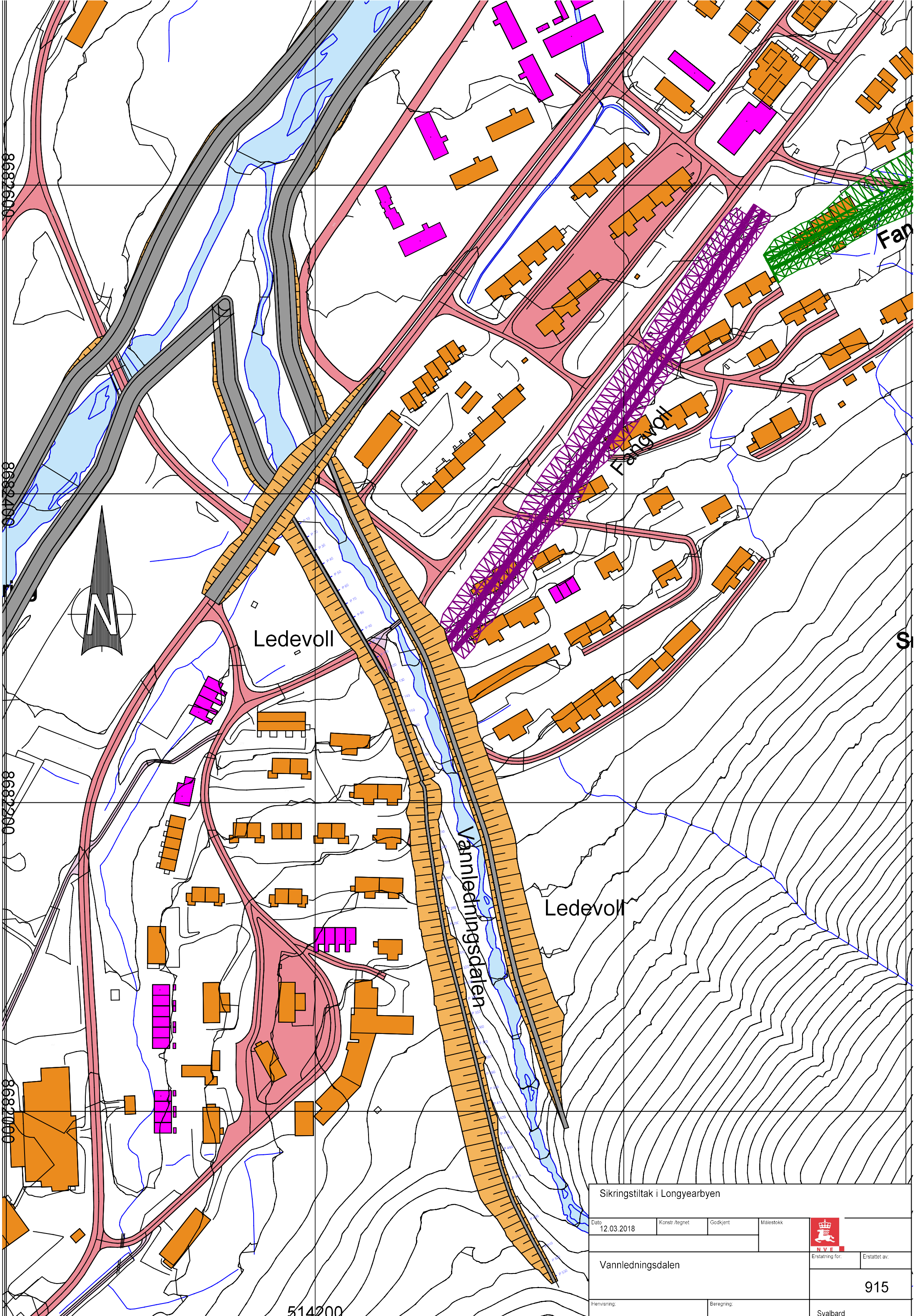
Sukkertoppen

514400

51

Sikringstiltak i Longyearbyen

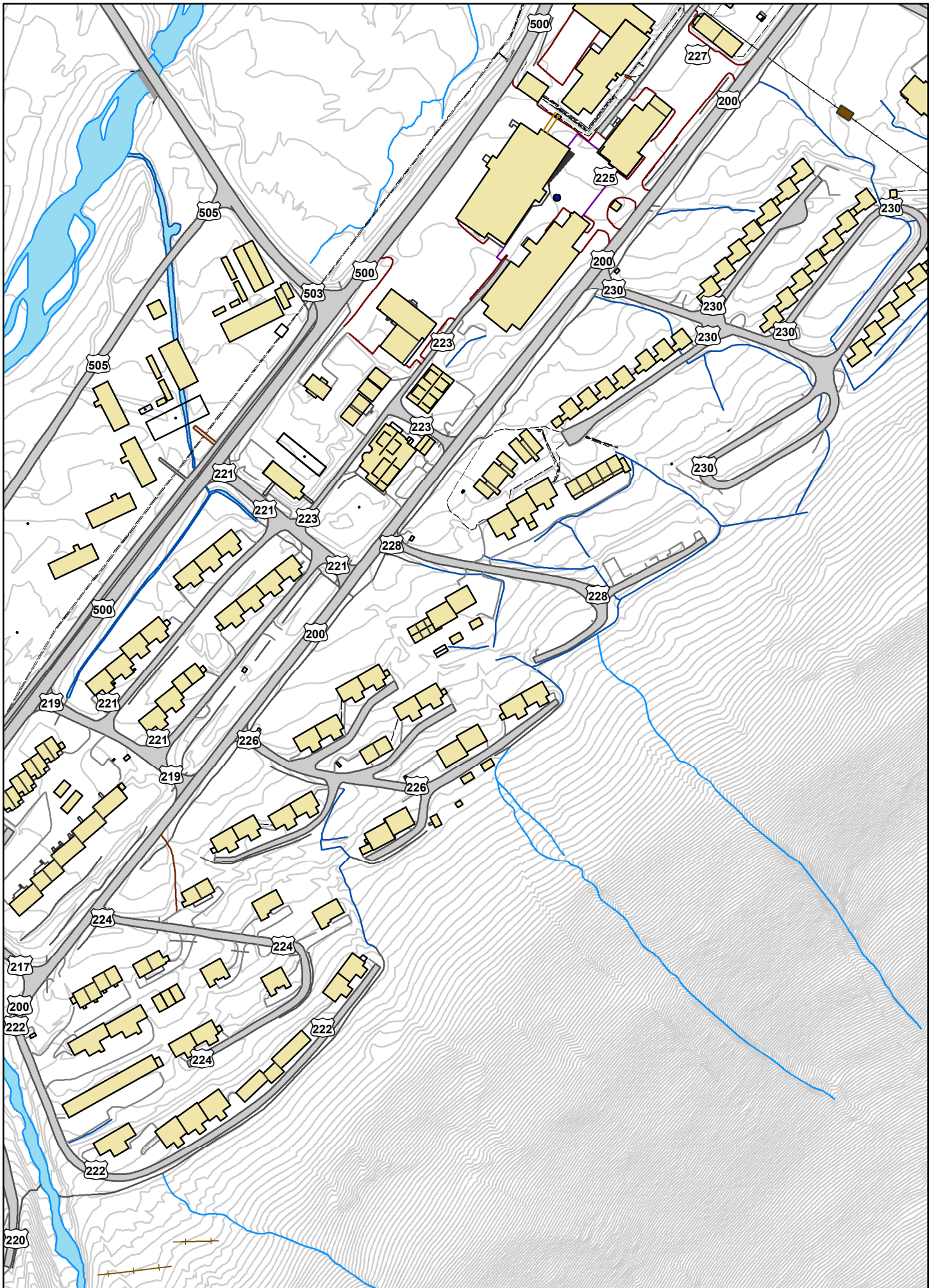
to 12.03.2018		Konstr./tegnet	Godkjent	Malestokk		Erstattet av:
Sukkertoppen					Erstattning for:	
					913	
Henvissning:			Beregning:		Svalbard	



Sikringstiltak i Longyearbyen					
Dato	Konstr./tegnet	Godkjent	Målestokk		
12.03.2018					
Vannledningsdalen				Erstatning for:	Erstattet av:
				915	
Henvisning:		Beregning:	Svalbard		

Oversiktskart, Lia

1:3 000



Ref: 18204

Recipient: Norges Vassdrags- og Energidirektorat, NVE
Sender: Arni Jonsson
Date: 2018-02-21

Subject: Longyearbyen; Mulighetsstudie av sikring nedenfor Sukkertoppen

1 Innledning

På oppdrag av Norges Vassdrags- og Energidirektorat, NVE ved Knut Aune Hoseth har HNIT Consulting ved Arni Jonsson utarbeidet notat om sikringsalternativer mot snøskred under Sukkertoppen Longyearbyen Svalbard.

2 Bakgrunn

Høsten 2017 engasjerte NVE tre eksterne konsulenter med ekspertise innom skredkartlegging til å kartlegge skredfaren i området nedenfor Sukkertoppen. Konsulentene er Skred AS, NGI og UNIS på Svalbard. I tillegg til de eksterne konsulentene utarbeidet NVE sine egne beregninger.

Formålet med arbeidet var å komme fram til felles forståelse for skredproblematikken samt å presentere modellresultater, og å enes om nye skredfaregrenser som skulle erstatte tidligere skredfaregrenser utarbeidet av Multiconsult AS.

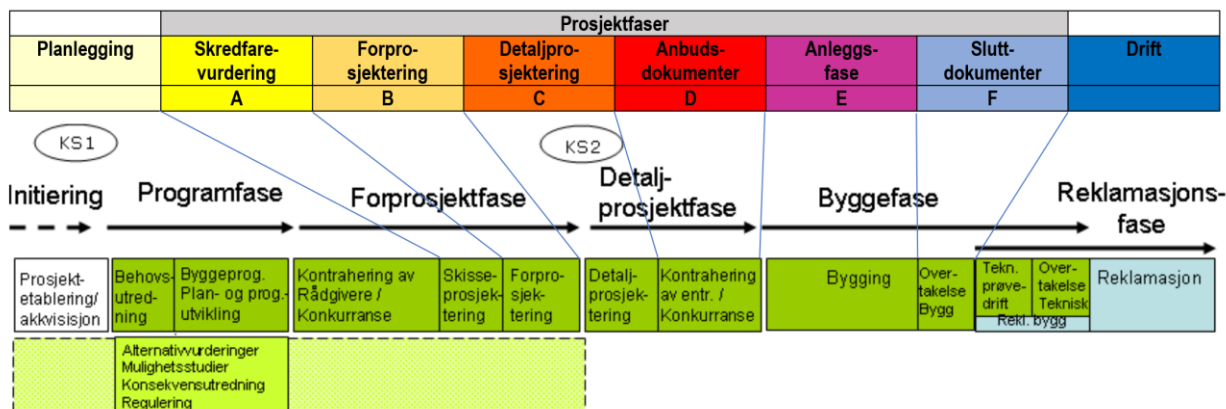
Pr. i dag foreligger uoffisielle faresoner som er en del av inngangsdataen i dette arbeidet.

3 Formål

Formålet med dette arbeidet er å utarbeide skisser av mulige sikringstiltak som kan bli brukt som grunnlag eller veileder for videre arbeid med sikringen under Sukkertoppen.

Undertegnet har i mange år arbeidet med prosjektfaser som bl.a. kan refereres til Statsbygg sitt «Prosess modell» (Byggforsk, 2008).

Detaljeringen på arbeidet når ikke helt til fase B (forprosjektering), men ligger i mellom skisseløsning og forprosjektering. Det betyr bl.a. at mengder og kostnad ikke er vurdert, og at det er mulig å gjøre noen endringer på geometrien på foreslåtte sikringstiltak.



Figur 3-1. Matrisen viser prosjektfasene som undertegnet har brukt i mange oppdrag, og deres referanse til Statsbygg sitt Prosess modell.

4 Grunnlag

4.1 Design skred

Utgangspunktet for vurderingen er snøskred fra Sukkertoppen som er antatt å ha årlig nominell sannsynlighet 1/1000. Det er noen forskjell i måten konsulentene utfører sitt arbeid, men dette arbeidet har ikke som formål å revurdere resultatene, men å bruke resultatet for å vurdere høyde og plassering på mulige sikringskonstruksjoner.

Konsulentene har levert rasterfiler (.asc) med informasjon om bl.a. beregnet maks hastighet i skredbanene. I Tabell 4-1 er oversikt over de asc-filer som konsulentene mener representerer årlig nominell sannsynlighet 1/1000.

Tabell 4-1. Oversikt over rasterfiler brukt i vurdering av sikringstiltak. I tabellen er simuleringer fra toppen og fra nedre halvdel av fjellsiden.

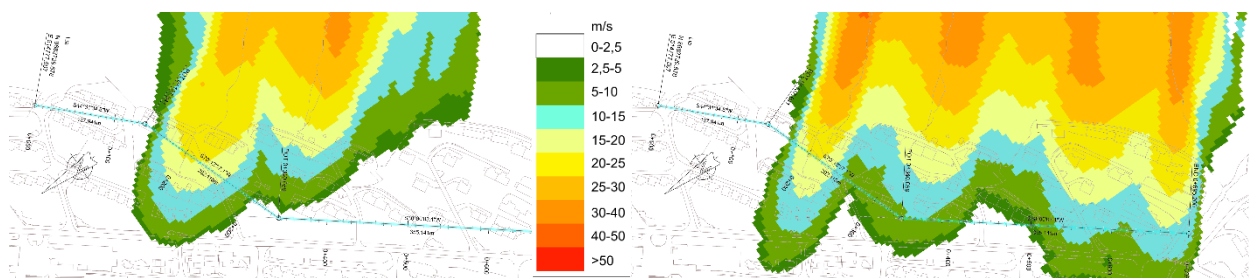
Konsulent-firma	Filnavn	Anmerkning
NGI	20170910_LYR_RA01_02_D150_D100_L300_MaxVelocity.asc 20170910_LYR_RA0L_D100_M300_MaxVelocity.asc	NGI: Simulering med 100 cm snøhøyde i vestre del og 150 cm snøhøyde i østre del. NGI: Simulering med 100 cm snøhøyde i nedre halvdel av fjellsiden.
NVE	155-300M-150-50-1000_Max velocity.asc	NVE: 1,6 meter snø i bruddkantene i renner og forsenkninger, mens det er 1 meter i jevnt terreng.
Skred AS	19_1000Y_REL1000YLower_HS1000Y_L300_RES05m_STOP1pct_MaxVelocity.asc 20_1000Y_REL1000YUpper_HS1000Y_L300_RES05m_STOP1pct_MaxVelocity.asc	Simulering for nedre del av fjellsiden. God oppsamling: 1,6 m, ellers 1,4 m. Simulering for øvre del av fjellsiden. God oppsamling: 2,0 m, ellers 1,8 m.
UNIS	Sukker1_entr100_d0_210_dfa_pv.asc Sukker_Low_d0_170_dfa_pv.asc	Simulering med 210 cm snøhøyde og 100 cm medrivning Simulering med 170 cm snøhøyde.

For å kunne sammenligne de ulike resultatene fra konsulentene har det blitt laget en referanselinje fra Spisshusene og inn mot Vannledningsdalen. Linjen representerer skredhastighetsprofil litt ovenfor mulige sikringstiltak. Resultatet vises i Figur 4-1.



Figur 4-1. Nedre del: Planfiguren viser lyseblå referanselinje. På høyre del ligger linjen omtrent parallell med Hilmar Rekstensvei, avstand er ca. 30 m. Øvre figur: Profil i hastigheter: Svart linje: NGI, Blå linje: NVE, Grønn linje: Skred AS, og Rød linje: UNIS. To loddrette linjer representerer knekkpunkter i referanselinjen. Høydeskalaen har 5 m/s hopp, null ved den røde horisontale linjen.

Figur 4-1 viser at høyest snøskredhastighet kan forventes på den østlige delen av Lia området, dvs. der skredet gikk ned ravinen i feb. 2017. De høyeste hastighetene kommer fra UNIS/SAMOS og NGI/RAMMS og er rundt eller over 20 m/s. Vest for ravinen er hastigheten lavere, men det er ganske stor spredning i hastighetene både mellom konsulentene og ulike utløsningsområder.



Figur 4-2. Til venstre er SAMOS beregninger fra UNIS og til høyre er RAMMS beregninger fra NGI. Obs, det er forskjell på inngangsverdier for disse to modellkjøringene som bl.a. forklarer forskjell i utbredelse. Kjøringene viser høyest hastighet i ravinen på den østlige delen.

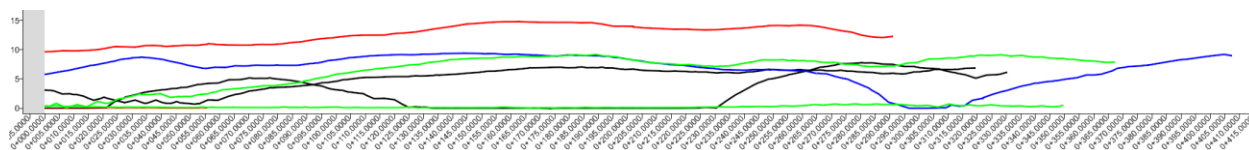
Alle modellberegningene har en viss usikkerhet og det er derfor viktig å bruke resultatet med sunn fornuft. Til tross for at modellene gir hastigheter ganske nøyaktig (f.eks. tiendels m/s) er ikke realistisk å bruke slike verdier ved design av sikringstiltak; her er valgt å bruke 2 m/s som skritt ved valg av design hastigheter.

For området nærmest Spisshusene og ned langs vei 228 er det skred fra ravinen som gikk i feb. 2017 som gir høyest hastighet. Her er 18 m/s valgt som design hastighet for ravinen. Dette er rundt 2 m/s lavere hastighet enn maks hastighetene vist i Figur 4-2, men noe høyere enn hastigheter fra Skred AS og NVE, se Figur 4-1.



Figur 4-3. Faregrenser for området nedenfor Lia utarbeidet av konsulentgruppen. Rødt område representerer skredfare høyere enn 1/100 pr. år, oransje representerer skredfare høyere enn 1/1000 pr. år og gult område representerer skredfare høyere enn 1/5000 pr. år. Bakgrunnsbilde: Norsk polarinstitutt.

Før designhastighet for området sør for vei 228 er valgt er rett å se på faresoner som konsulentgruppen har utarbeidet, se Figur 4-3. Figuren viser at største delen av området nedenfor Hilmar Rekstensvei ligger innenfor årlig nominell skredsannsynlighet på 1/5000, som i sin tur betyr at sikringstiltak ikke er nødvendig hvis man går utfra sikkerhetsnivå på 1/1000 for dette området.



Figur 4-4. Profil i hastigheter ved Hilmar Rekstensvei fra vei 228 og mot sør: Svart linje: NGI, Blå linje: NVE, Grønn linje: Skred AS, og Rød linje: UNIS. Høydeskalaen har 5 m/s hopp, null ved bunnen.

Modellhastigheter ved Hilmar Rekstensvei (Figur 4-4) viser stor variasjon, den kan bl.a. forklares med valg av utløsningsområder. Her er det gått utfra at snøskredhastighet på 8 m/s er representativ for veien. På referanselinjen ca. 30 m ovenfor veien (se Figur 4-1) anses snøskredhastighet på 12 m/s å være representativ for de fleste av modellberegningene. For den vestlige delen ligger UNIS/SAMOS noe høyere over hele strekningen.

Snøskred som vil passere veien vil mest sannsynlig kunne nå bolighusene, men hastigheten vil bli lav. I det tilfelle at man vil sikre bolighusene nedenfor veien er her foreslått å bruke design snøskredhastighet på 10 m/s for sikringstiltak bygget ovenfor veien. Denne hastigheten bør gjelde for hele strekningen unntatt delen nærmest Vannledningsdalen, som bør vurderes spesielt.

Det finnes en del forskning og retningslinjer rundt bruk og design av sikringstiltak for å sikre byggverk og befolkning. For sikringstiltak i utløpsområdet (Figur 4-5) er *The design of avalanche protection dams* (Jóhannesson, Gauer, Issler, & Lied, 2009) en viktig kilde for design, som også henviser til mange dokumenter og/eller rapporter. Men også i dette tilfellet er erfaring viktig for å kunne anvende denne informasjonen på riktig måte.



Figur 4-5. Eksempel på kjegler (til venstre) og fangvoll for snøskred (til høyre) med bratt støtside ovenfor bebyggelse i Bolungarvik, Island. Foto: Arni Jonsson.

Vurdering av vollhøyden ut fra skredhastighet, flyte høyde og snøhøyde på bakken gjøres bl.a. iht. ovennevnt dokument. For et første estimat av nødvendig vollhøyde bruker vi den tradisjonelle formelen:

$$H_{\text{voll}} = \frac{(U \times \sin \varphi)^2}{2 \times g \times \lambda} + H_{\text{snø}} + H_{\text{snøskred}}, \quad (1)$$

der:

H_{voll} er den nødvendige høyden til vollen i snøfritt terreng (m),

$H_{\text{snø}}$ er snøhøyden på bakken (m), her satt til 1 m,

$H_{\text{snøskred}}$ er høyden av den *tette* delen i snøskred (m), her satt til 2 m,

U er skredhastigheten (m/s),

φ er skredets treffvinkel mot vollen (°),

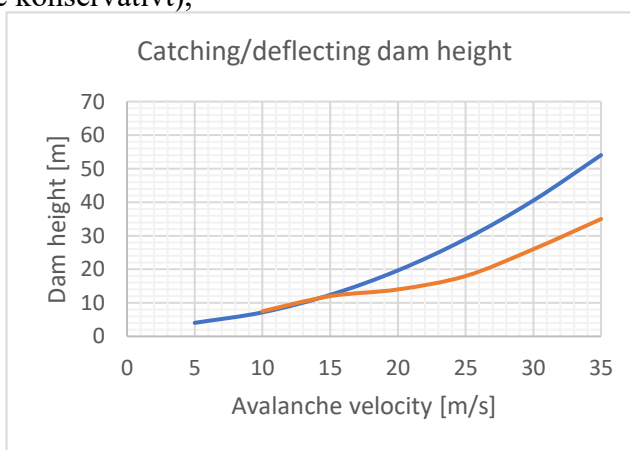
g er tyngdeakselerasjonen, her satt til $\sim 10 \text{ m/s}^2$,

λ er satt til 1,2 (som anses å være konservativt),

Figur 4-6 viser vollhøyder i henhold til formel (1) og (Jóhannesson et al., 2009). Valget av designhøyden blir vurdert i hver enkelte tilfelle og kan avvike fra verdiene i tabellen.

Til tross for forbedrede beregningsmodeller som beskriver bevegelsen av snøskred er det fortsatt mange faktorer som vi ikke har kontroll på og som påvirker resultatet. Det gjelder bl.a. ruhet av terreng og medrivning av snø på veien ned, og det påvirker bl.a. hastighet, skredlengde og skredtykkelse i utløpsområdet.

Når skred treffer voll, forventer vi at en korrekt dimensjonert voll kan stoppe den tette delen av skredene, men ikke snøskyen og heller ikke en del av det fluidiserte laget. En del av snømassene settes av i knekkpunktet ved den øvre foten av vollen og utjevner terrenget, slik at den bakre delen av skredet får mindre motstand og kan passere over vollen. Imidlertid avtar skredhastigheten med rundt 50 % fra fronten til halen. Dersom det er tilstrekkelig lagrings-



Figur 4-6. Vollhøyde i relasjon til snøskredhastighet. Rød linje viser vollhøyde iht. (Jóhannesson et al., 2009), og blå linje viser vollhøyde iht. Formel (1).

kapasitet, vil største delen av skredet bli stoppet bak vollen. For små voller er det imidlertid usikkert om snøskya blir påvirket av vollen fordi vollen utgjør bare en liten del av snøskyaens totale høyde.

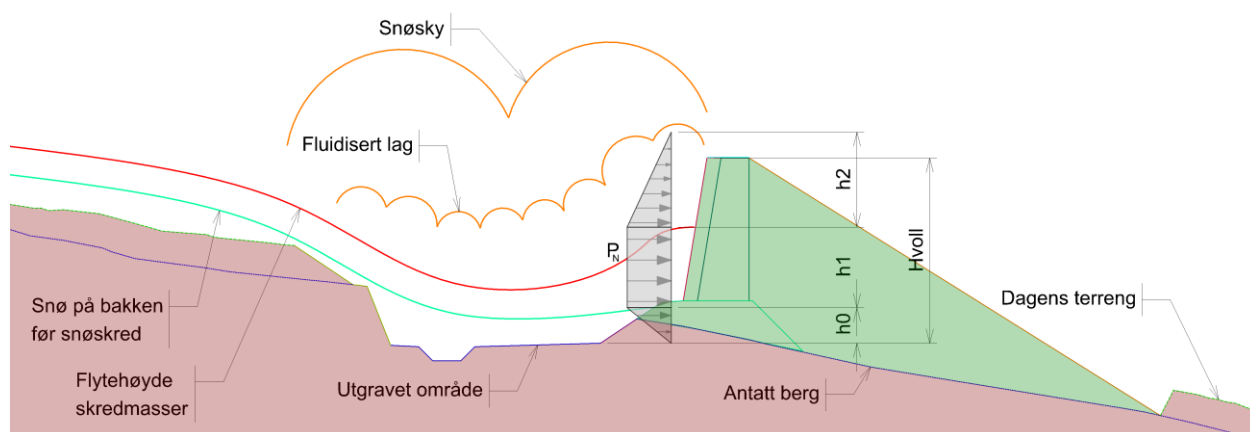
Det er stor sannsynlighet for at snøskya kan gå over vollene og ned i bebyggelsen. Det kan bety at store og små snøpartikler kan treffe bygninger. De store partiklene vil mest sannsynlig ikke ha lang rekkevidde nedenfor vollen. Hvor langt de går er avhengig bl.a. av type snøskred og hastighet, værforhold m.m.

Tettheten på snøskyer er typisk mellom 1 og 10 kg/m³, dvs. mye mindre enn i skredets tette del. Hastigheten kan imidlertid være atskillig høyere, skredtrykket virker over en stor høyde, og utløpet kan være flere hundre meter lengre enn for den tette delen. Snøskya kan virke med store krefter på objekter, og det kan også forårsake sterkt redusert visibilitet som kan vare i noen minutter i tilfeller snøskya går over vei. Snøskya er ikke tatt med i dimensjoneringen i denne rapporten.

Det er en rekke antagelser som er blitt gjort for å kunne bestemme de krefter som skal brukes som kriterier for designen (dimensjoneringsprinsipp).

Figur 4-7 viser hvordan kraftfordelingen er på vollen når snøskred treffer, her er:

- h_0 er snøen på bakken før skredet treffer.
- h_1 representerer tykkelsen på snøskred og klatrehøyden opp vollfasaden ved treff. Kraftfordelingen er antatt å være konstant i dette området.
- h_2 representerer høyden på det fluidiserte lag og snøskya. Det kan være betydelig høyere enn vollen. Trykkfordelingen er antatt å være linjert fra trykket fra den tette delen til null øverst.
- H_{voll} er total høyden på vollen.



Figur 4-7. Prinsippskisse som viser kraft-/trykkfordelingen på vollen.

Normaltrykk beregnet ut fra:

$$P_N = C \times \rho \times \frac{(v \times \sin \phi_{XY})^2}{2} \text{ [Pa]} \quad (2)$$

der P_N er normaltrykket i Pa, C er formfaktor, ρ er densiteten på den tette delen av skredet før treff, v er hastigheten [m/s] før treff og ϕ er treffvinkelen i horisontalt XY-plan.

Det er også nødvendig å beregne friksjonskrefter (skjærkrefter) langs vollfasaden i plan og opp fasaden for å sikre at fasadematerialet kan stå imot friksjonskreftene. For friksjonskrefter langs vollen i horisontalt XY-plan kan vi bruke:

$$P_{XY} = \mu \times P_N [\text{Pa}] \quad (3)$$

der μ er friksjonskoeffisienten langs vollen og P_N er normal trykket.

Der er også behov for å beregne friksjonskrefter (skjærkrefter) opp vollfasaden, ZY-plan, det kan gjøres etter:

$$P_{ZY} \approx \mu \times P_N [\text{Pa}] \quad (4)$$

Ved støt oppstår topptrykk (e: peak pressure) som her er antatt å være 3 ganger P_N . Det er i disse beregningene sett bort fra topptrykket.

4.2 Regelverk og standarder

Per i dag finnes det ikke veiledninger, forskrifter eller standarder i Norge som kan brukes som hjelpemiddel for dimensjonering av sikringstiltak mot naturfarer som snøskred, sørpeskred eller flomskred. NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurocode 0), som fastsetter prinsipper og krav for konstruksjoners sikkerhet, brukbarhet og bestandighet, kan delvis brukes i dette prosjektet. En av merknadene i standarden er at prosjektering (og så vidt også dimensjonering) av spesielle byggverk kan kreve andre tiltak enn de som standarden omfatter. Dette gjelder bl.a. dimensjonering av høyden til sikringstiltak i utløpsområder fordi den er avhengig av bl.a. skredhastigheten. Standarden gir også mulighet til å bruke andre veiledninger, standarder og/eller forskrifter hvis de finnes. I dette fagfeltet har mye blitt dokumentert i Alpelandene og veiledninger og standarder derfra er benyttet i stor grad i Norge. Et slikt dokument er ONR 24806.

4.3 Valg av inngangsverdier

Tabell 4-2 gir de inngangsverdier som er brukte for beregningene.

Tabell 4-2. Inngangsverdier for beregninger.

Parameter	Enhet	Verdi	Kommentarer
ρ	t/m ³	300	Gjennomsnittsverdi for densitet av skredmasser. Verdi satt av konsulentgruppen.
g	m/s ²	10	Gravitasjons akselerasjon, her avrundet opp til 10.
μ		0,3	Friksjonskoeffisient for kraft langs- og opp voll
C		2	Formfaktor
Φ	°	~90	Treffvinkel er satt til omtrent 90°.
$H_{\text{snø}}$	m	1	Snøhøyde på bakken før skred treffer sikringstiltak
$H_{\text{snøskred}}$	m	2	Høyden av den <i>lette</i> delen i snøskred

5 Dimensjonering og plassering

5.1 Vollhøyde

Første estimat på vollhøyde gjøres i henhold til formell (1).

5.2 Alternativ 1 – Fangvoll: Spisshus – Hilmar Rekstensvei



Figur 5-1. Grønne linjer viser høydekurver i vollene, høydeavstand er 1 m. Bakgrunnsfoto: Norsk polarinstitutt.

Området strekker seg fra Spisshusområdet, ned vei 228 til Hilmar Rekstensvei, og så langs veien inn mot Vannledningsdalen. Sikringsalternativet er sammensatt av to voll, en fra Spisshusene og langs vei 228 og en annen fangvoll som ligger like ovenfor Hilmar Rekstensvei mot Vannledningsdalen. Det er tenkt en kjørbær åpning mellom vollene.

På området nedenfor de planlagte støtteforbygningene (skadeområdet fra des. 2015) er det allerede planlagt å bygge en fangvoll med høyde på 5 m. Modellberegninger av snøskred ned ravinen (skadestedet fra feb. 2017) kommer delvis inn på den planlagte vollen og det er derfor naturlig å koble dette tiltaket til sikringstiltaket i Lia nedenfor Sukkertoppen.

I henhold til diskusjon i kapittel 4.1 (se også Figur 4-1 og Figur 4-4) er snøskredhastigheten ved ravinen satt til 18 m/s på rundt 100 m strekning. Det gir i henhold til formell (1) vollhøyde på ca. 16 m. På Figur 4-6 ser vi at hastighet etter (Jóhannesson et al., 2009) er noe lavere enn formell (1) antyder eller rundt 13 m. Designhøyde er her valgt til 14,5 m, dvs. midt i mellom de to tallene. Ved Hilmar Rekstensvei avtar høyden til ca. 9 m og holder den høyden på kort strekning før vollen avsluttes.

Med utgangspunkt i at designhastigheten like ovenfor Hilmar Rekstensvei er 10 m/s vil dette i henhold til formell (1) gi en høyde på ca. 7 m.

Planlagte voller skal bygges med en bratt støtside med helning mellom 4:1 og 6:1. Materiale i støtsiden kan være av tørrmur, gabioner eller lignende materialer. Bredde på volltopp vil kunne variere mellom 2 m og 3 m, f.eks. 2 m ved Spisshusområdet og 3 m der vollen har høyde på 14,5 m.

Baksiden/nedsiden er tenkt med slak helning 1:1,5 til 1:3 alt etter disponibel plass, modelltegningen viser helning på 1:1,5. Det kan også være mulig å stramme opp deler av nedsiden hvis ønskelig.

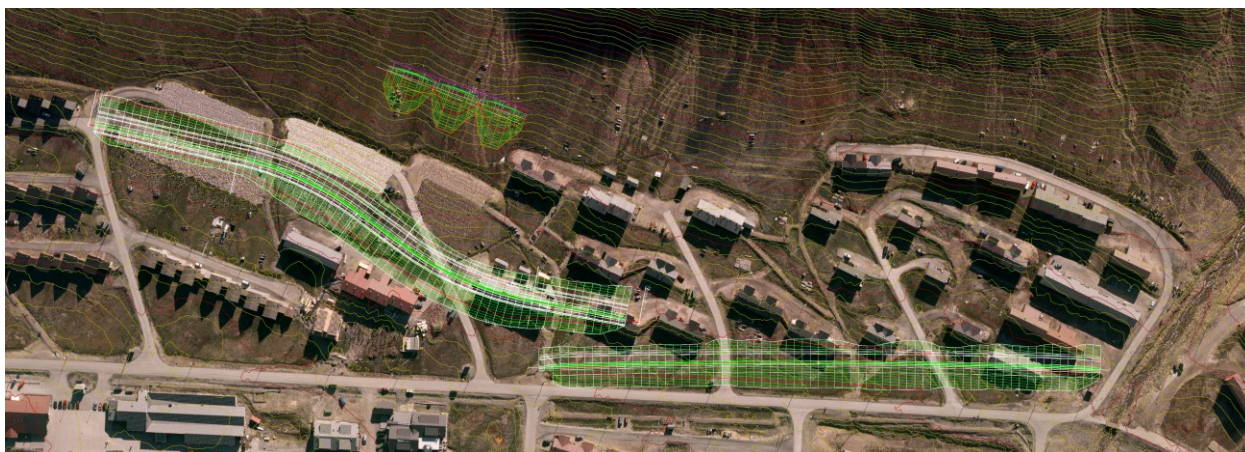
Grunnforhold er delvis kjente ut fra grunnboringer som Sintef har gjort i området (Sintef, 2017), ERT og GPR målinger utførte av NGI i 2017 (Norges geotekniske institutt NGI, 2017) og fra gamle NGI rapporter, men det er foreløpig ukjent om grunnforhold er gode nok for den høyeste delen av vollen. Geoteknisk design er utenfor dette prosjektet.

Vollene er ikke i massebalanse fordi det er ukjent hvor omfattende utgravningsområdet ovenfor vollene kan bli bl.a. pga. permafrostproblematikken. Geoteknisk design vil kunne vise hvor mye kan graves ut. Ved større utgraving kan vollene senkes i terrenget som fører til mindre voll/arealbehov sett fra nedsiden. Det er gått utfra at materialer blir transportert fra Longyear elva inn i vollen etter behov.

Overflate- og grunnvann ledes bort i grøftene ovenfor vollene. For den store vollen ved vei 228 ledes største delen mot vollenden ved Hilmar Rekstensvei. For vollen like ovenfor Hilmar Rekstensvei ledes vann til nord mot vei 228. Foreløpig er vannhåndtering ikke løst ved vollendene eller hvordan vann ledes bort til drens-/kanalsystemene i Longyearbyen. Her må Longyearbyen Lokalstyre på plass for å se på mulighetene.

Obs! Foreløpig er kobling mellom voll langs Hilmar Rekstensvei og voll fra Vannledningsdalen ikke utført.

5.3 Alternativ 2 – Fangvoll: Spisshus – Hilmar Rekstensvei, og kjegler



Figur 5-2. Grønne linjer viser høydekurver i vollene og kjeglene, høydeavstand er 1 m. Bakgrunnsfoto: Norsk polarinstitutt.

Dette alternativet er i stort sett det samme som alternativ 1, men nå har det blitt plassert kjegler ca. 80 m ovenfor fangvollen, nedenfor ravinen, og vollen over vei 228 er redusert i høyde. Plasseringen av kjegleraden er grov og bør justeres nærmere ved detaljprosjektering.

Reduksjon i hastighet kan være mellom 10% og 20% ved å plassere en rad kjegler (Jóhannesson et al., 2009). Hvis øvre grensen er brukt kan en forvente at hastigheten ved fangvollen er rundt 14 m/s og dimensjonerende vollhøyde vil da bli rundt 11 m på det høyeste ved vei 228. Andre vollhøyder er uendret.

Kjeglene er tenkte å ha bratt støtside f.eks. 4:1 til 6:1, topplengde på 10 m og toppbredde på minst 2 m og høyden er foreløpig satt til 8 m.

Kjegleraden danner en hindring for overvann- og grunnvann, det bør føres mot sør på en trygg måte, og ned til fangvollen over vei 228.

En av ulempene med rad av kjegler så pass høyt oppe i fjellsiden er at de kan bli truffet av småskred igjennom vinteren og som etter hvert vil redusere funksjonen. Det kan derfor være behov for fjerning av snømasser ved kjeglene vinterstid.

5.4 Alternativ 3 – Fangvoll: Spisshus – Hilmar Rekstensvei, og kjegler



Figur 5-3. Alt. 3. Grønne linjer viser høydekurver i vollene og kjeglene, høydeavstand er 1 m. Bakgrunnsfoto: Norsk polarinstitutt.

Alternativ 3 er kopi av alternativ 2, men med endret geometri på fangvoll fra Spisshusene til Hilmar Rekstensvei. Nå har foten av fangvollen noe lengre avstand til bolighusene nr. 7, 9 og 11 ved vei 228. Likeledes er enden/avslutningen på fangvollen ved Hilmar Rekstensvei endret.

5.5 Drivsnøforhold

Drivsnø er en av de prosessene som viktig er å ta hensyn til. Skisseløsningene som her er presenterte har bare i en liten grad blitt vurdert i henhold til drivsnøproblematikken. Nærmere studie bør gjøres i detaljprosjekteringsfasen.

5.6 Kapasitet av sikringsvollene

Lagringskapasiteten for snø fra snøskred har ikke blitt kontrollert for disse sikringsforslagene, det anses ikke å være nødvendig nå fordi vollene er foreløpig lite gravet ned. Ved detaljdesign bør konsulenten utføre kapasitetsberegninger for alle vollene.

6 Referanser

- Byggforsk, S. (2008). *Tverrfaglighet og fagkompetanse i prosjekters tidligfase* (No. Prosjektrapport 28). (K. Arge, Ed.).
- Jóhannesson, T., Gauer, P., Issler, D., & Lied, K. (2009). *The design of avalanche protection dams*. (T. Jóhannesson, P. Gauer, D. Issler, & K. Lied, Eds.). European Commission.
- Norges geotekniske institutt NGI. (2017). *Detaljprosjektering sikringstiltak -Lia mellom veg 228 og 230. Geofysisk kartlegging av permafrost og dybde til berg ved hjelp av ERT og Georadar* (No. 20170299–03–R). (J. Scheibz & I. H. Haugen, Eds.). Oslo: Norges Geotekniske Institutt NGI.
- Sintef. (2017). *Skredsikring i Longyearbyen. Grunnundesøkelser i Lia ovenfor Hilmar Rekstens vei. Feltrapport - Grunnundersøkelser*. Trondheim.